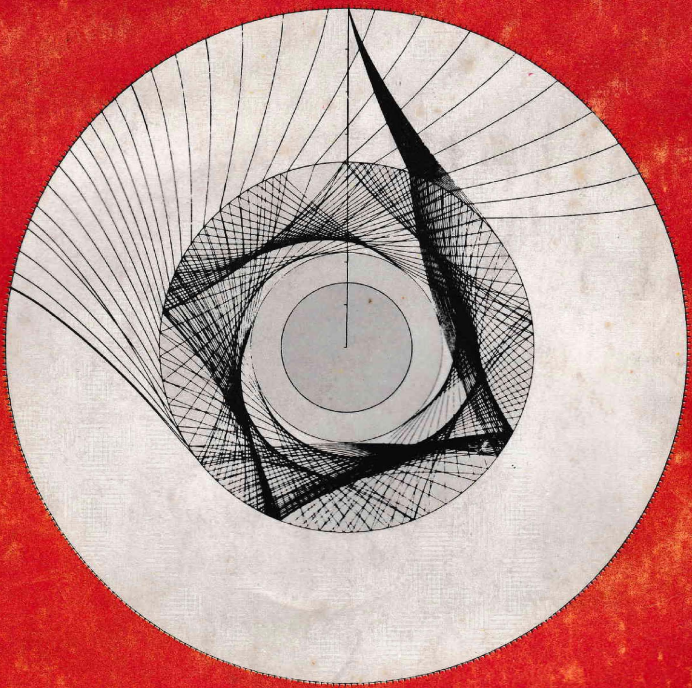

پیدایش و تکامل حیات

گردآوری ا. ت. زابلین

ترجمه: مهندس پرویز قوامی

مجموعه مقالات
دانشمندان آکادمی علوم شوروی

پیدایش و تکامل حیات

گردآوری: ای زابلین

ترجمه: پرویز قوامی

مجموعهٔ مقالات دانشمندان آکادمی شوروی:

آ. اپارین
ن. سمیونوف
ای. زابلین
م. آگرست
د. بلوخین تسف
ا. نسمیونوف
ای. باردین
و. ودوو تکو
م. سادوفسکی

تهران، ۱۳۶۱

زابلین، ای

پیدایش وتکامل حیات

ترجمهٔ پرویز قوامی

چاپ سوم: ۱۳۶۱
چاپ و صحافی : چاپخانه سپهر ، تهران
کلیه حقوق محفوظ است.
بها: ۱۶۵ ریال

تهران ، خیابان انقلاب ــ شماره ۱۳۴۲

یك بار دیگر به‌مادرم.
که همچون سربازی مبارز، از جان‌گذشته
و فداکار است.

پرویز قوامی

گنجانده‌ها

پیدایش و تکامل حیات	آ. اپارین	صفحهٔ ۹
علم و آینده	ن. سمیونوف	» ۱۷
انسان، طبیعت وعلم	ای. زابلین	» ۳۲
در جستجوی جهانهای دیگر	م. آگرست	» ۶۴
درآستانهٔ اکتشافهای جدید در فیزیك	د. بلوخین تسف	» ۷۳
آینده‌اندیشی و آینده‌شناسی	آ. نسمیونوف	» ۸۵
تغییر و تبدیل عناصر ـ آیندهٔ متالورژی	ای. باردین	» ۹۲
رادیوشیمی و زندگی	و. ودوونکو	» ۱۰۳
اسرار اعماق زمین	م. سادوفسکی	» ۱۱۱
واژه‌نامه		» ۱۳۹

از: آ. اپارین، آکادمیسین
(A. Oparin, Academician)

پیدایش و تکامل حیات

دربارهٔ نویسنده:

الکساندرایوانوویچ اپارین(Alexander Ivanovich Oparin) زیستشیمیدان نامدار شوروی در سوم مارس ۱۸۹۴ به‌دنیا آمد. درسال۱۹۱۷ از دانشگاه مسکو فارغ‌التحصیل‌شد وازسال۱۹۲۹ تاکنون استاد زیستشیمی گیاهی این دانشگاه بوده است.

اپارین، با نوشتن کتاب منشاء حیات در روی زمین، که در سال ۱۹۳۶چاپ و منتشر شد به شهرت رسید. دانشمندان زیادی حتی تا پیش از داروین، فراروندهای فیزیك و شیمی را به کار گرفتند و دربارهٔ منشاءِ حیات در روی زمین نظریه‌پردازی کردند. این نظریه‌ها که منشاءِ حیات را تهدید می‌کرد، نوعی تخطی از دین به‌حساب‌می‌آمد، اما اپارین درمیان ملتی زندگی می‌کردکه بعد از ۱۹۱۷ رسماً خدا نشناس شده بود. اپارین، وجود متان و آمونیاك را در جو خورشید مسلم می‌دانست وبرای منبع انرژی آن دلیل وبرهان آورد. اپارین، مرحله‌هایی را استدلال کرد که با آنها حیات تدریجاً هستی یافته است. بـه‌پیروی از نظریه‌های

اپارین، زیستشیمیدان‌های غربی گام‌های بزرگی در راه شناخت حیات برداشتند. کار دانشمندانی چون استانلی میلر، شیمیدان امریکایی و س. پونام پروما، زیستشیمیدان امریکایی ـ سیلانی نتیجه‌ای از این گونه است.

۱

با دیدار از نزدیکترین اجرام آسمانی گیتی، انتظار روبروشدن با چه مظاهری از حیات را داریم؟ این پرسش را نمی‌توان فقط از راه مقایسهٔ شرایط فیزیکی وشیمیایی سطح سیاره‌ها وقمرهای آنها باشرایط حیات در روی کرهٔزمین پاسخ داد. موجودات زنده خود را با شرایط خارجی که تحت آن شرایط به‌وجود می‌آیند وتکامل می‌یابند سازش می‌دهند. ضمناً، آنها می‌توانند این شرایط را در حوزهٔ مکانی بسیار محدودی تغییر دهند. ناظری که این صحنه را می‌نگرد ممکن است به‌این نکته توجه نکند و نتیجه بگیرد که تحت این شرایط حیاتی وجود ندارد.

هرجسم آسمانی، به‌ویژه هرسیاره‌ای، مادامی که وجود دارد

تکامل می‌یابد. و شرایطی که ما امروز در روی آن می‌یابیم ابداً جاودانی نیستند. در مرحلهٔ معینی از این تکامل، موقعیت برای پیدایش حیات مساعد بوده است، و یك مرتبه که حیات پدیدار شد تکامل یافت و خود را پیوسته با محیط متغیر سازگار کرد. اکنون این امکان هست که حیات در شرایطی، نامناسب برای موجودات کرهٔ خاکی، در سایر نقاط گیتی وجود داشته باشد.

بنابراین، پرسش ما فقط این نیست که آیا دریك جسم آسمانی معین درحال حاضر موجودات زنده‌ای مسکن گزیده‌اند یا نه، بلکه آیا حیات در جریان تکامل خود برروی این جسم آسمانی پدیدار شده و تکامل یافته است؟

اکنون می‌دانیم که پیدایش و تکامل حیات در روی زمین برخلاف آنچه که تا چندسال اخیر تصور می‌شد حادثهٔ غریبی نبوده است. حیات، شکل ویژه و بسیار پیچیده و کاملی از حرکت و سازمان ماده است، و پیدایش آن در روی زمین یك روند طبیعی، یعنی جزء انتقال‌ناپذیری از تاریخ تکامل سیارهٔ ماست.

اجرام آسمانی دیگر مانند زمین، سیر تکاملی درازی را پیموده‌اند. ازنظر قیاسی تکامل ماده درگیتی را می‌توان سیستمی از راههای پرانشعاب تصور کرد، که شاخه‌های جداگانه‌ای از آن به شکل‌های بسیار پیچیده و کاملی از سازمان و حرکت ماده می‌انجامند. اما هیچ لزومی ندارد که این شکل‌ها را حیات نامید. حیات، یکی از شاخه‌های بیشمار تکامل ماده، و نتیجه‌ای از تکامل تدریجی ترکیب‌های کربن ـ یعنی مواد آلی است.

در روی زمین می‌توانیم سه دوران بنیادی این تکامل را نام ببریم.

نخستین موادی که تکون یافتند، ابتدایی‌ترین مواد آلی - هیدروکربنها (ترکیب‌های کربن وهیدرژن) وسیانیدها (ترکیب‌های کربن و ازت) و همچنین نزدیکترین مشتقات آنها بودند که وزن مولکولی کمی داشتند.

بتدریج این ترکیب‌ها رشد کردند و پیچیده‌تر شدند، مولکولهای آنها باهم ترکیب شده ومولکول‌های سنگین‌تری را تشکیل دادند. این فرارونده[1]، در آب دریاها واقیانوس‌های اولیه کره زمین طی شد، واین آب‌ها را تبدیل به‌مایعی ازمواد آلی بسیار پیچیده وگوناگونی کردکه مشابه آنها را امروز در موجودات زنده می‌بینیم. درنتیجهٔ این تغییر وتحول «آبگوشت مغذی اولیه»، که امروز به‌این نام معروف است، تشکیل شد. هنوز هیچ موجود زنده‌ای نبودکه ازاین آبگوشت تغذیه کند. از حیات در روی زمین خبری نبود.

بدوی‌ترین موجودات زنده بعدها، در دوران سوم تکامل هستی یافتند، یعنی هنگامی که مواد مرکب شبه‌پروتئینی باهم تشکیل سیستم‌های مولکولی گوناگونی را دادند. این سیستم‌ها به‌صورت ساختارهای[2] جداگانه‌ای ازمحلول پیرامون خود جداشدند. تکامل تدریجی، اثر متقابل با محیط و انتخاب طبیعی منجر به پیدایش موجودات زندهٔ اولیه گردید، وازآن انواع گوناگون حیات برروی

1. Process 2. Structure

سیارهٔ مانمودار شده است.

نخستین دورهٔ اصلی تکامل ترکیب‌های کربن، در تمامی گیتی مشاهده شده است. ترکیب‌های کربن و هیدرژن یا کربن و ازت را باید در روی تمام اجسام آسمانی که در حوزهٔ مطالعهٔ ما هستند کشف کرد. این ترکیب‌ها در سطح ستارگان (از جمله سطح خورشید)، در ابرهای سردگازی و مادهٔ غباری بین ستاره‌ای، در روی سیاره‌های بزرگ و کوچك منظومهٔ شمسی، در هسته و دُم ستارگان دنباله‌دار و بالاخره در شهابسنگها[1]یی که از سوی فضای خارج به‌زمین می‌رسند یافت می‌شوند. سیر تکاملی این مواد با سیر تکاملی مواد کرهٔ خاکی ما با هم کاملاً فرق داشته‌اند، اما دوران اصلی تکامل ترکیب‌های کربن مشخص کنندهٔ همهٔ آنهاست.

بنابراین، مادهٔ کربن که لازمهٔ پیدایش حیات، شبیه حیات زمینی است، در همه‌جا یافت می‌شود. تنها پرسشی که پیش‌می‌آید این است که چگونه این ماده در روی اجرام آسمانی تکامل یافته‌است.

بیش از یکصد سال پیش، در ترکیب بعضی از شهابسنگها هیدروکربن‌هایی با مولکول‌های از نوع موم معدنی، و نیز مشتقات گوگردی و اکسیژنی آنها دیده شد. همچنین موادی نظیر آنچه‌که درموجودات زنده‌یافت می‌شود، اخیراً از شهابسنگها جدا شده‌اند. تجربیات آزمایشگاهی نشان داده است که این مواد مستقل از حیات، و در طی یك تغییر و تحول شیمیایی هیدروکربن‌های اولیه

1. Meteorites

به‌وجود آمده‌اند.

بعضی‌از شکل‌های ساختمانی حیات، که به‌عقیدهٔ گروهی‌از دانشمندان متعلق به‌بقایای موجودات زنده‌اند، درشهابسنگها دیده شده است. اما ارتباط بین این شکل‌ها با فراروندهای حیاتی هنوز به‌اثبات‌نرسیده‌است. امکان داردکه این‌ساختارها به‌صورت کاملاً معدنی تکون یافته باشند.

موادآلی مرکب، نیز ممکن‌است در روی بعضی ازسیاره‌ها ـ همسایگان ما در منظومهٔ شمسی ـ یافت شونـد. مشاهدات اخیر بازتابی نور از سطح مریخ صحت این مسأله را تأیید می‌کند.

بسیاری ازدانشمندان عقیده دارندکه درماه موادآلی‌مرکب یافت می‌شود، که این مواد در طی دوران‌های اولیه پیدایش این سیاره هستی یافته‌اند. به‌علاوه، احتمال اینکـه این مواد از سوی شهابسنگها برروی ماه ریخته شده باشند زیاد است.

اما چگونه دوران نهایی یا سوم تکامل موادآلی، سیرتکامل را پیموده و موجب پیدایش حیات شده است، پرسشی است کـه پاسخ به‌آن‌کاری دشواراست. در روی‌سیارهٔ ما، این‌تکامل‌نیازبه‌آب داشته است. مثلاً، در روی ماه‌تحت‌شرایط‌موجود، جایی‌که آب وجود ندارد، این فرارونـد تقریباً ناممکن بوده است.

از سوی دیگر، پاره‌ای از دانشمندان معتقدندکه در گذشتهٔ بسیار دور، درکرهٔ ماه جو وحتی آب وجود داشته‌است. بنابراین، با مقایسه با زمین، امکان دارد اولین موجودات زنده در روی‌ماه پدیدارشده وبعدها به‌اعماق‌خاک‌ماه‌فرورفته‌باشند؛ جایی‌که‌تغییرات

دما نسبتاً جزئی و آب به‌صورتی وجود داشته است.

در مورد مریخ، با توجه به‌شرایط موجود در روی سیاره، تصور هرنوع حیات بسیار دشواراست. اما احتمال داردکه مریخ درآغاز پیدایش خود، مانند ماه، بیش‌از امروز آب داشته است. ممکن است مریخ مکان‌های آبزی فراوانی‌داشته وتکامل موادآلی درآنجا مانند زمین صورت گرفته باشد.

در طول زمان، شرایط فیزیکی در روی مریخ و زمین با هم اختلاف پیدا کرد واز آن‌رو تکامل موجودات زنده نیز باهم فرق داشته‌است. البته دماهای‌پائین، نبودن اکسیژن، کمبود آب وتابش شدید فرابنفش[1] ازعوامل جدی جلوگیری‌کننده ازپیدایش هرگونه موجود زنده در روی مریخ بوده‌اند. اما اگر حیات در روی‌مریخ تکون‌می‌یافت حتی در شرایط خیلی‌سخت به‌تکاملش ادامه می‌داد.

احتمال زیاد می‌رودکه حیات در روی این سیاره باپیدایش باکتریهای پست آغاز شده باشد، که بقای آنها بستگی به‌اکسیژن ندارد. ظاهراً به‌علت مقدار بخار آب‌کم درجو این سیاره، وسرد شدن آن درشب درسطح مریخ آب به‌وجود آمده ومحیط را برای پیدایش موجودات زنده اولیه فراهم ساخته است.

دربارهٔ امکان حیات درزهره، به‌زحمت‌می‌توان‌چیزی‌گفت. سطح این سیاره به‌علت لایه متراکمی از ابرها قابل رؤیت نیست، و درپس این ابرها رازهای فراوانی نهفته است. ما هنوز از دمای

۱. Ultraviolet

سطحی زهره اطلاعی نداریم . و اینکه آبی در آنجا هست یا نه مشکوکیم . شاید پژوهش‌ها و مطالعات بیشتر بتواند پرده از روی اسراری که امروز سیارهٔ زهره را پوشانده کنار بزند.

البته ، همهٔ این بررسی‌ها کم و بیش حدس و گمان‌های پذیرفتنی‌اند. به‌این پرسش که در ماورای کرهٔ زمین حیاتی هست یا نه، با فراهم آوردن مسافرت‌های فضایی به‌سیاره‌ها و ستارگان، پاسخ داده خواهد شد. اما تدارك و سازمان‌دادن به‌این مأموریت‌های بزرگ علمی، مستلزم یك اندیشهٔ کلی است که چه باید فراهم کرد وچگونه باید آن را تدارك دید. به‌این‌منظور، باید ازکمترین اطلاعات ودانسته‌های علمی، که امروز دردسترس‌داریم، به‌بهترین وجه بهره‌برداری کنیم.

از: ن. سمیونوف، آکادمیسین
(N. Semyonov, Academician)

علم و آینده

۲

عصر ما عصر پیشرفت‌های بی‌سابقهٔ علمی است که با گذشت هر سال جنبشی نو پیدا می‌کند و چشم‌اندازهای تازه‌ای در راه تکامل صنعت، کشاورزی، تکنولوژی و علم می‌گشاید.

پرسشی که در اینجا پیش می‌آید این است که در ۴۰-۲۰ سال آینده چه داریم؟ علم و تکنولوژی، چه تغییرات بنیادی‌یی را در اقتصاد جهان پیشگویی می‌کنند؟ پیش‌بینی اکتشاف‌های علمی ناممکن است. اما روندهای علمی را می‌توان توأم با تکامل و نتایج عملی آنها پیش‌بینی کرد.

قرن نوزدهم عصر بخار و الکتریسیته بود. در آن روزها دانشمندان سرگرم مطالعهٔ خواص «خارجی» ماده بودند، و در پی برقرار کردن ارتباط‌های بین پدیده‌های طبیعی بودند. در قرن بیستم، آنها به کار بررسی و پژوهش علت‌های عمیق به‌وجود آورندهٔ این خواص و پدیده‌ها پرداختند.

دو دههٔ اول قرن بیستم، که انقلابی را در علوم طبیعی بشارت داد، دوره‌ای بود که در طی آن انسان به‌درون ساختمان داخلی ماده

وقلمرو اتم راه‌یافت.

امروز، با دانشی که ازساختمان داخلی ماده‌داریم، می‌توانیم خواص تازه‌ای به آن ببخشیم. روش‌های جدید سنتز که در شیمی تکامل‌یافته‌اند موجب پیدایش ترکیب‌های تازه‌ای‌شده‌اند و تکنولوژی تهیه موادرا به‌طرز بهتری امکان‌پذیر ساخته‌اند. درفیزیك، یك کشف، کشف دیگری در زمینهٔ جامدات به‌دنبال داشته است.

مطالعهٔ هستهٔ اتم که عامل غیرفعالی دربیشتر پدیده‌های فیزیکی وشیمیایی است، خیلی‌از شگفتی‌ها را آشکارکرد. کشف تبدیل و تحول رادیواکتیو اتم، تبدیل‌های مصنوعی اتم‌ها، کشف راه شکافتن عناصر سنگین و ترکیب ایزوتوپ‌ها منجر به پیدایش علوم جدید شیمی هسته‌ای وفیزیك هسته‌ای گردید.

وقتی که هسته‌های دواتم به‌هم‌می‌پیوندند، براثر عمل متقابل نیروهای هسته‌ای که بین پروتون‌ها و نوترون‌ها به وجود می‌آید، انرژی عظیمی آزاد می‌شود. به‌موجب رابطهٔ معروف جرم وانرژی اینشتین، انرژی‌آزادشده بامقداری جرم همراه بوده وباعث‌کاهش جرم اصلی‌می‌گردد. محاسبات ومطالعات تجربی که روی‌واکنش‌های هسته‌ای انجام شده نشان داده است که بین جرم هستهٔ اصلی و هستهٔ زاده شده اختلاف فاحشی وجود دارد، و به‌همین دلیل است که مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد می‌شود. این اختلاف جرم در دو حالت دیده می‌شود: حالت اول در موقع شکافت[1] هسته‌های

1. Fission

اورانیوم ۲۳۵ (U ۲۳۵) وپلوتونیوم وتبدیل آنها به‌دو هستهٔ دیگربا جرم میانگین؛ حالت دوم، درهنگام تولید مصنوعی اتم هلیوم از دو هستهٔ دیوتریم وبه‌ویژه در اثر واکنش‌های تری‌تیوم ودیوتریم که در نتیجهٔ عمل نوترون‌های سریع به‌وجود می‌آید.

این دو نتیجه، که ازپژوهش‌های نظری‌هسته‌ای به‌دست‌آمد، برای علم وتکنولوژی حایز اهمیت اساسی بود.

نتیجهٔ اول منجر بـه کشف واکنش‌های زنجیری اورانیوم، تکامل بمب اتمی و ساختن نیروگاههای هسته‌ای گردید. در مورد صنعت‌یا طبیعت‌واکنش‌های زنجیری‌هیچ‌گونه اشاره‌ای‌نشده‌است، وبعید به‌نظر می‌رسدکه این واکنش درجایی ازگیتی روی دهد. در هرحال، پژوهشی کـه روی ساختمان هستهٔ اتمی انجام شد باعث کشف وتکمیل واکنش زنجیری‌گردید.

نتیجهٔ دوم، موجب‌کشف واکنش‌های‌گرما هسته‌ای[1] عناصر سبك شده که منبع انرژی ستارگان، به‌ویژه خورشید را تشکیل می‌دهند. این واکنش، کاربردی در طرح و ساختن بمب هیدرژنی داشته است.

روزی‌که بتوانیم واکنش‌های گرما هسته‌ای را مهار سازیم و امکانات گسترده‌ای در راه جنبش‌های صلح‌آمیز بگشائیم، زیاد دور نیست.

فیزیك‌هسته‌ای اکنون‌وارد مرحله جدیدی از تکامل‌شده‌است.

1. Thermonuclear

در طول ۱۰ تا ۱۵ سال گذشته، ذره‌های بنیادی[1] جدید، فراوان و بسیار نا پایداری از طریق تغییر و تبدیل‌های هسته‌ای، به ویژه براثر پرتوهای کیهانی وشتابگر[2]های ذره‌ای نیرومند کشف گردیده‌اند.

این ذره‌ها به‌آسانی قابل تبدیل به یکدیگرند، به‌شرط اینکه انرژی، بار الکتریکی و مقدار حرکت آنهـا حفظ شود. خواص شگفت‌انگیزی که این ذره‌ها دارند گاه بروجود بعضی از قانون‌های کلی و بنیادی گیتی است. زوج‌های آنتی‌پود ـ ذره‌ها و ضد ذره‌هـا ـ جزئی از گوناگونی‌های ذره‌های بنیادی هستند. زوج ذره‌های مشابه با بارهای الکتریکی مخالف، مثل الکترون و پوزیترون، نمونه‌ای از این دسته‌اند که بلادرنگ به‌مغز انسان خطور می‌کند. پوزیترون در روی سیارهٔ ما بسیار ناپایدار است، زیرا وقتی که با الکترون برخورد می‌کند هردو ذره تبدیل به‌دو کوانتوم می‌شوند که انرژی آن برابر با جرم الکترون و پوزیترون است.

کهکشان ما ازماده‌ای ساخته‌شده که شامل پروتون و نوترون است؛ این ذره‌ها در هستهٔ اتم جای گرفته‌اند و الکترون‌ها درقشر اتم درحرکتند. احتمال اینکه بعضی از کهکشان‌ها دارای ضدماده، یعنی در هستهٔ اتم آن ضد پروتون و ضد نوترون بوده و پوزیترون‌ها در قشر اتم قرار گرفته باشند، زیـاد است. در این جهان‌ها، ضد ذره‌ها پایدارند و ذره‌ها ناپایدار. تمامی خواص فیزیکی و شیمیایی اتم‌ها در هردو جهان باید یکسان باشد؛ همچنین ترکیب‌های شیمیایی

1. Elementary Particle 2. Accelerator

و اجزاء ترکیبی وخواص آنها نیز باید یکی باشد. احتمال زیاد می‌رود که این جهان‌ها مادهٔ آلی و معدنی یکسانی داشته باشند. حتی ممکن است موجودات زنده و مردمان این جهان‌ها به‌شکل جانداران سیارهٔ ما باشند.

چه نتیجه‌ای از مراحل جدید تکامل نصیب ما می‌شود؟ وچه لذات نویی حاصل از اکتشاف‌ها وچه نیروی تازهٔ غالب برطبیعت، درانتظار انسانند؟

هنوز برای این پرسش‌ها پاسخی نیافته‌ایم. اما ظرف چند دههٔ آینده بی‌تردید شاهد جهش‌های چشمگیری در زمینهٔ علوم فیزیکی خواهیم بود که پیشرفت‌های فنی خیره کننده‌ای به دنبال خواهند داشت.

اصولاً، در رشتهٔ علوم طبیعی امروزی دومسألهٔ اصلی وجود دارد. اول، نظریهٔ ذره‌های بنیادی در فیزیك، یا به عبارت دیگر، مسألهٔ ذره‌های ابتدایی ماده است. مسألهٔ دوم مربوط به ساختار و رفتار مادهٔ آلی در علوم زیست‌شناسی وشیمی، یعنی دربافت زنده است. انقلابی که در اوایل قرن بیستم درفیزیك وتا حدی درشیمی آغاز شد، حدود ۱۰یا۱۵ سال گذشته زیست‌شناسی‌را دربرگرفت. زیست‌شناسان، دوش به‌دوش فیزیك‌دانان وشیمیدانان، به مطالعهٔ اصول عمیق‌تر خواص فیزیکو شیمیایی پدیده‌های جالبی پرداختند. امروز، این دانشمندان به‌نتایج دلگرم‌کننده‌ای دست یافته‌اند و در راه پژوهش‌های علمی گام‌های بلندتری برداشته‌اند. از این دست‌آوردهای بزرگ علمی، با تمام احتمالی که می‌رفت نتایج جدی

عملی به‌دست نیامد، و در آینده نیز برای مدت زمانی وضع به‌همین صورت خواهدبود. موضوع مطالعهٔ ساختمان اتم را به‌یاد آورید. دیر یا زود، انقلاب‌هایی در رشتهٔ پزشکی و تا حدی در کشاورزی آغاز خواهدشد. مثلاً، من معتقدم که بیماری سرطان باتوسعه‌یافتن این رشته از زیست‌شناسی مغلوب انسان خواهدشد. همچنین ایمان دارم که با پرده برداشتن از اسرار ساز و کار[1] فراروندهای فیزیکو-شیمیایی در فعالیت‌های حیاتی، انقلابی واقعی در شیمی آغاز خواهدشد. کاتالیزرهای جدید باخواص و ویژگی‌های بی‌سابقه که از مادهٔ غیر فعال به وجود می‌آیند، در فراروندهای فتو شیمیایی کاربرد فراوان دارند. انواع جدیدی از ماشین‌های پربازده خلق خواهند شدکه انرژی شیمیایی را مستقیماً به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. به‌این دلیل، مسألهٔ مادهٔ آلی دومین کار بزرگی خواهدبود که دانشمندان در دههٔ آینده به‌بررسی آن می‌پردازند.

مطالعهٔ ژرف دربارهٔ ساختمان ماده منجر به گسترش ماشین‌ها و پیدایش رشته‌های جدید تولیدی شده است.

پژوهش‌های خشك وانتزاعی در مورد خواص ماده، هرچند در نظر اول ارزش عملی ندارد، دیر یا زود صنایع را دستخوش انقلاب خواهدکرد، وهرچه هدف علمی پژوهش‌ها پاکتر وخالص‌تر باشد، این انقلاب جامع‌تر و فراگیرنده‌تر خواهدبود. فیزیکدانان برای شکافتن هسته اتم سال‌ها کوشیدند. اگرچه کارآنها به‌ظاهر انتزاعی

1. Mechanism

وغیر عملی بود، سرانجام به‌کشف انرژی هسته‌ای منتهی گردید.

دراینجا برای نشان‌دادن دورنماهای حیرت‌آوری‌که تکامل روزافزون علم و کاربرد عملی آن در برابر انسان می‌گشایند، به فعالیت‌های آتی اشاره می‌کنیم.

مقدار الکتریسیتهٔ موجود برای هرنفر ازجمعیت کرهٔ زمین به منظور توسعه صنعت و کشاورزی قابل بررسی و مطالعه است. امروز، فقط ۰/۱ کیلو وات برق ارزیابی شده، برای هر نفر در جهان وجود دارد. این رقم، در حقیقت مقدار بسیار اندکی‌است. کمبود الکتریسیته، کار فیزیکی را در خیلی‌از کشورها، به‌ویژه در کشورهایی‌که از نظر اقتصادی توسعه نیافته‌اند، غیر قابل اجتناب می‌سازد. هیچ‌کس منکر این نیست‌که منابع طبیعی در افزایش رقم بالاکمك‌های خیلی‌زیادی خواهندکرد. ازسوی‌دیگر، منابع نیروی کنونی، به‌ویژه منابعی‌مانند زغال‌سنگ، نفت، اورانیوم وتوریوم وانرژی‌آب‌رودخانه‌هاکه درتولید برق مورداستفاده قرارمی‌گیرند دوام زیادی ندارند. اگرچه هنوز منابع عظیمی از انرژی به شمار می‌روند، باگذشت‌زمان از ذخایر آنهاکاسته خواهد شد. بنابراین مسألهٔ اساسی یافتن منابع انرژی نیرومندتری است.

برای حل این مسألهٔ بسیار مهم علمی وفنی سه راه وجود دارد: اول، مهارکردن واکنش گرما هسته‌ای؛ دوم، بهره‌برداری‌از انرژی خورشید؛ وسوم، رام کردن گرمای چینهٔ آبگونه‌دار[1] زمین.

1. Magma Stratum

واکنش‌های گرماهسته‌ای مهارشونده، امکانات شگفت‌آوری در اختیار انسان قرار می‌دهند. انجام این واکنش تحت فشار، با انفجار بمب هیدرژنی به‌اثبات رسیده است. تجربه نشان داده که به‌وجود آوردن یك واکنش گرما هسته‌ای که بتوان آن را در عمل پیوسته کنترل کرد، ناممکن است. زیرا هنگامی که دما به صدها میلیون درجه می‌رسد براثر واکنش مقدار بسیار زیادی گرما آزاد می‌شود، به‌طوری که دیواره‌های پیل اتمی قادر به تحمل چنین گرمایی نخواهند بود و آناً تبخیر می‌شوند.

دشوار می‌توان گفت که واکنش گرما هسته‌ای، فردا یاسال‌های بسیار دور آینده مهارخواهدشد، اما به‌عقیدهٔ من دانشمندان و مهندسان قرن حاضر راه‌حلی برای این مسأله خواهند یافت، زیرا تجربهٔ حاصل از علوم جدید نشان داده‌است که هرچه دراصل عملی است بزودی وارد عمل خواهد شد.

به‌فرض اینکه واکنش گرما هسته‌ای مهار شود، آیا می‌توان حد ومرزی برای ظرفیت کلی نیروگاهها قائل شد؟

اگرچه شگفت می‌نماید، چون سطح کرهٔ زمین وجو آن به‌علت این واکنش بیش‌از اندازه گرم می‌شود، بایدگفت چنین حدی وجود خواهد داشت. به‌همین دلیل بعید است که گرمای تولید شده از واکنش گرما هسته‌ای از ۵یا۱۰ درصد انرژی خورشید که جذب زمین و جو آن می‌شود تجاوزکند. اما در هرحال، این رقم برای خود مقدار چشمگیری است، و دهها هزار بار بیش از مقدار الکتریسیته‌ای است که امروز تولید می‌شود.

خورشید، در هرثانیه ۴۰×۱۰^{۱۲} کیلو کالری انرژی به‌سوی زمین می‌فرستد. قسمت اعظم این انرژی هدر می‌رود وجزئی ازآن جذب‌جو، به‌ویژه ابرها می‌شود. فقط ۳۰ درصد آن سالانه به‌زمین می‌رسد، که مقدارش درنواحی‌جنوبی‌بیشتر ودرنواحی‌شمالی کمتر است. اگر تمامی این‌انرژی خورشید تبدیل به‌الکتریسیته می‌شد، به مراتب بیش‌از انرژیی‌بود که ازواکنش گرماهسته‌ای، آن‌هم‌محدود، به‌دست می‌آمد.

اما این طرح عملی نیست، چرا که تمام خشکی‌ها وآبهای کرهٔ زمین می‌بایست با سلول‌های فتوالکتریک ـ که از مایع حساس دربرابر نور پُرشده‌اند ـ پوشانده‌می‌شد؛ ازگذاردن این پوشش‌ها برفراز اقیانوس‌ها و دشواری‌های فراوان مهندسی ذکری به‌میان نمی‌آوریم. اما یك‌دهم انرژی خورشیدکه برسطح زمین می‌پاشد، برای‌تولید نیروی برقی‌که بارها بیش از مقدار برق تولیدی امروز جهان است کفایت می‌کند. به این ترتیب، ما صاحب منبع انرژی جاودانی دیگری هستیم که نیازی به‌پُرسازی ندارد.

سومین منبع انرژی نـامحدود و امکان‌پذیر، گـرمای چینهٔ آبگونه‌دار زمین است که در فاصلهٔ ۳۰ کیلومتری از سطح زمین قرارگرفته و به‌کف اقیانوس‌ها نزدیکتراست.

اخیراً، کارهای حفاری‌عمیق باروش‌های‌نو آغازشده است. اما کارشناسان فنی درصددند پیش از آنکه از این چینهٔ گرمازای زمین بهره‌برداری‌کنند، مشکلات زیادی را از میان بردارند. طبعاً انجام این‌کار، به مطالعه و پژوهش بیشتری نیاز دارد. پروژه‌های

حفاری عمیق در دست کار است و در خیلی از کشورها کار حفاری این پروژه‌ها آغاز گردیده است. اگر برق ارزان و فراوان در اختیار باشد و روش انتقال آن به آسانی صورت گیرد، می‌توان به جای حفاری عمیق مواد سنگی درون زمین را ذوب کرد و مادهٔ مذاب را بیرون کشاند.

با استفاده از روش‌های کاملاً جدید، مقدار عظیمی از انرژی به مسافت‌های دور و سرتاسر جهان انتقال خواهد یافت. پیتر کاپیتزا[1]، فیزیک‌دان نامدار شوروی نظریه‌ای پیش آورده و کاربرد امواج فرکانس قوی و انتشار امواج رادیویی را از طریق موج‌بر[2]های زیر زمینی که از مادهٔ معمولی ساخته شده و درون آنها با قشر نازکی از فلز پوشانده شده، پیشنهاد کرده است. امکان کشف فوق‌هادی‌هایی که بتوانند این خاصیت را در دماهای معمولی حفظ کنند، زیاد است. با این ترتیب انرژی برق را می‌توان بدون هیچ اتلافی در طول نازکترین سیم منتقل کرد. و بالاخره. با اینکه باور نکردنی می‌نماید، تکنیک اشعهٔ لیزر به چنان درجه‌ای از تکامل خواهد رسید که انتقال انرژی به صورت کوانتومهای همدوس[3] و امواج رادیویی بسیار کوتاه از طریق هوا و درخلاء واقعیت پیدا خواهد کرد. اشعهٔ لیزر. در بسیاری از رشته‌های علمی و صنعتی کنونی کاربرد فراوانی دارد.

به عقیدهٔ من، از تمام این سه منبع انرژی، که در بالا به آنها اشاره شد، استفاده خواهد شد و نخستین نیروگاههایی که با انرژی

1. Peter Leonidovich Kapitza 2. Waveguides
3. Coherent.

گرما هسته‌ای، انرژی خورشید و انرژی زیرزمینی کار می‌کنند تا قبل از پایان قرن حاضر طرح و ساخته خواهندشد. آغاز قرن بیست ویکم شاهد ساختمان این نیروگاهها، به‌مقیاس گسترده‌ای، خواهد بود. اشاره به‌این مطلب جالب است که اگر میزان رشد کنونی تولید نیروی برق در اتحاد شوروی ادامه پیدا کند، بازدهی سالانهٔ برق جهان در ۱۰۰ سال آینده با مقایسه با میزان کنونی به ۱۰۰۰۰ بار افزایش خواهدیافت. اما اگر به‌ذوب منابع سوخت که در اختیار ماست پیوسته ادامه دهیم هرگز به چنین مرزی نخواهیم رسید: در هرحال، با بهره‌برداری از سه منبع طبیعی بالا، به‌این هدف دست خواهیم یافت.

زمانی که انسان متصرف چنین ذخیرهٔ عظیم الکتریسیته باشد، قادر خواهد بود دست به‌کار دیگری هم بزند که اهمیت آن کمتر از این نیست، مثلاً می‌تواند آب و هوای کرهٔ زمین را کنترل کند. همچنین، او با تنظیم دما و تکاثف جو، سیارهٔ زمین را به‌بهشتی پُر گل تبدیل خواهدکرد. مسألهٔ مهم دیگری که در عصر اکتشاف‌های فضایی قابل مطالعه و بررسی‌است، امکان استفاده از انرژی گرما-هسته‌ای درمسکونی‌ساختن سیاره‌های منظومهٔ شمسی، به‌ویژه‌مریخ است. با اینکه این سیاره، جو دارد. اما بارها از جو زمین رقیقتر است و اکسیژن بسیار کمی در آن وجود دارد. احتمالاً، مقدار آب آن نیز بسیار اندك است.

اکنون این پرسش پیش می‌آید که آیا می‌توان با بنا کردن پیل‌های گرما هسته‌ای در روی کرهٔ مریخ، جو و آب و هوای آن را

مناسب برای سکونت انسان کرد؟ این پیل‌ها باید صدها تریلیون تن اکسیژن تولید کنند تا ترکیب جو مریخ همانند جو زمین گردد. اکسیژن را می‌توان از آب سیاره به دست آورد. اگر مقدار آن کافی نباشد، هیدرژن حاصل از تجزیه آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، یا می‌توان که از سنگهای معدنی حاوی اکسیژن بهره گرفت. محاسبات نشان داده‌است که اگر نیروگاههای گرماهسته‌ای برروی مریخ ساخته می‌شدند و می‌توانستند ده‌هزار بار بیش‌ازمقدار انرژی که در روی زمین توسط نیروگاههاتولیدمی‌شود تولیدکنند، واگر این انرژی به‌مصرف تجزیه آب‌می‌رسید مقدار اکسیژن‌لازم به‌مدت دهها سال در جو مریخ ذخیره می‌شد. نمی‌دانم آیا انسان به‌فکر جستجو واکتشاف این سیاره خواهد افتاد یانه. شاید او راه بهتری برای بهره‌برداری از انرژی مازاد بیابد. باوجود این، لازم می‌دانم‌این‌مثال را پیش‌بیاورم که وقتی انسان صاحب منابع انرژی پایان‌ناپذیری باشد دیگر آسمان حدی برای او نیست.

وظیفهٔ دیگر، بهره‌برداری ازماه به‌عنوان پایگاه‌تهیه وتدارك فعالیت‌های مجدانهٔ ساکنان‌کرهٔ زمین است. آیا این فانتزی است؟ خیر. در روز سوم فوریه ۱۹۶۶، ایستگاه خودکار (لونای ـ ۹) شوروی به‌آرامی در ناحیهٔ اقیانوس طوفان‌های ماه فرود آمد. و دورنمایی از سطح این سیاره همراه با اطلاعات با ارزش علمی به زمین مخابره کرد. مساحت کره ماه ۱۶ بار کوچکتر از مساحت زمین‌است. چون‌جوندارد میزان دریافتی تابش خورشیدی درواحد سطح آن سه برابر زمین است.

بنابراین، اندازهٔ سطح ماه بر حسب تابش خورشیدی، تقریباً یك پنجم نظیر این سطح برای زمین است. به عبارت‌دیگر، کرهٔ‌ماه برابر با تمام پنج قارهٔ زمین از خورشید انرژی‌کسب می‌کند. اگر تمامی سطح این‌سیاره با سلول‌های فتوالکتریك نیمه‌هادی پوشانده شود، به قسمی که ضریب تبدیل نور به‌انرژی الکتریکی در آن‌ها خیلی زیادباشد، وراه انتقال آن به‌زمین(باکمك‌پرتوهای رادیوئی) خالی از هر گونه اشکال باشد، ماه در آینده به صورت نیروگاه عظیمی که ظرفیت آن به ده‌ها تریلیون کیلووات می‌رسد درخواهد آمد. نیروگاه‌های اتمی و گرما هسته‌ای که در روی ماه ساخته می‌شوند به‌کلی زمین‌را ازآلودگی‌مواد رادیواکتیو رهائی‌خواهند بخشید.

برق ارزان و فراوان، راه را برای تهیه مقادیر نامحدود مواد گوناگون هموارخواهد کرد وبه‌ساخت آن‌ها امکان خواهد بخشید.

پلیمرها[1]، درآن‌زمان نیاز زیادتری پیدا خواهندکرد ومیزان تولید آنها با تولید فلزات رقابت شدیدی خواهد داشت. از تمام منابع گاز طبیعی، نفت و زغال سنگ باید در راه تولید مواد آلی بهره‌برداری کرد. و در اینجاست که الکتریسیته جانشین گاز ونفت و ذغال‌سنگ می‌شود. با وجود بهره‌برداری وسیع از انرژی برق، هنوز اتومبیلها، هواپیماها و موشکها با سوخت گازی یا مایع کار

1. Polymers.

می‌کنند که از نفت و ذغال‌سنگ به دست می‌آید. باید به‌این نکته اشاره‌کنم‌که اگر هیدرژن مازاد دردسترس باشد، می‌توان به‌جای سوخت در اتومبیل ازباتریهای برقی که با هیدرژن یا اکسید کربن کار می‌کنند استفاده کرد، و موتورهای الکتریکی را جایگزین موتورهای احتراقی کرد.

کشاورزی وصنایع غذایی کاملا برقی وخودکار خواهندشد. برق ارزان، کار تولید کودشیمیایی‌را به‌مراتب آسان خواهدکرد.

آبیاری مناطق خشك باکمك پرده‌های پلاستیکی که رطوبت را زیر لایه فوقانی خاك نگاه می‌دارد، همچنین‌گرم‌کردن خاك‌در مناطق شمالی و گرمادادن به گرمخانه‌های بزرگ با روشنایی مصنوعی، به‌رشد فراورده‌های گوناگون در همه‌جا وسالی دوبار تحقق خواهدبخشید. از انرژی برق همچنین برای شیرین‌کردن آب دریا ودریاچه‌های آب شور به‌مقیاس وسیعی استفاده خواهد شد.

اتوماسیون[۱]. در تقلیل دادن‌کار روزانه به‌سه یا چهارساعت کمك مؤثری خواهدکرد.

به‌این ترتیب، ترقیات علمی را در قرن آینده، که قرن‌برقی‌کردن‌وبهره‌برداری‌همه‌جانبه‌ازانرژی‌برق‌است‌پیش‌بینی‌می‌کنم‌واین خودمیراث خوب ورضایت‌مندانه‌ای برای‌نسلهای‌آتی‌خواهدبود.

اگر علم و تکنولوژی در مرحلهٔ کنونی تکاملشان، به قصد

۱- Automation. کنترل و هدایت دستگاهی به‌طور خودکار، دستگاه تنظیم خودکار. -م.

نابودی وانهدام بشریت به‌کار گرفته شوند. فاجعهٔ جبران‌ناپذیری به بار خواهند آورد. واین‌فاجعه‌ای است که غم واندوه و مرگ صدها میلیون از مردم کرهٔ زمین وتباهی تمام ارزش‌های مادی‌را به‌دنبال دارد. از آن پس. فرزندان و نواده‌های ما چیزی جز یك سیارهٔ آلوده و ویران‌شده برای‌زندگی نخواهندداشت. ومرده ریگ آنها یك زندگی سرشار از تهیدستی وفشار نژادی خواهد بود.

مردم‌جهان‌باید دست‌به‌دست‌هم‌داده وبه‌این‌بازی جنون‌آمیز. بی‌معنی‌وتبهکارانه‌که اندیشهٔ‌جنگ‌تازه‌ای را در انسان زنده می‌کند پایان ببخشند. وهمگی در راه پیکارعمومی برای صلح‌وخلع‌سلاح همه‌جانبه متحدگردند. مردمان تمام‌کشورها باید تاآنجاکه ممکن است با هم به‌منظور ترقی دادن علم و تکنولوژی همکاری کنند تا عصری نو وشادی‌بخش به‌بار آورند.

از: ای. زابلین
(*I. Zabelin*)

انسان، طبیعت و علم

۳

اینکه انسان در روی زمین زندگی می‌کند واقعیت مسلم و انکار-ناپذیری‌است، اما به‌این‌نکته باید اشاره‌کرد که: انسان درمحدودهٔ مرزهای قشر نازکی از زمین روزگار سپری می‌کند که نخستین فضانوردان در سال‌های اخیر از آن گذشتند. این قشر، که در جغرافیای طبیعی بیوژنسفر[1] نام‌دارد شامل‌موادی به‌حالت‌جامد، مایع و گاز است. در درون همین محدوده بودکه تکامل تدریجی ماده، پیش‌از پیدایش حیات در روی زمین، صورت گرفت. بیوژنسفر، مستقل از خواست انسان پدیدآمد و به‌تکامل گروید، وانسان‌وارث پدیدهٔ بسیار پیچیده‌ای شدکه به‌آن «پیوندهای نسبی» پیوسته است‌و ویژگی‌هایش را باید به‌حساب آورد.

درنتیجه، مسألهٔ «انسان وطبیعت» محدودتر می‌شود و به‌مسألهٔ

۱. biogenosphere. این واژه ازپیشوند bio (به‌معنای«حیات؛ زنده ودارای حیات» + geno = gen (به‌معنای «نژاد، نوع») + sphere (به معنای «کره») ترکیب شده ودر بعضی از متنها آن‌را biosphere [زیستکره] نام نهاده‌اند که بجاست. - م.

«انسان و بیوژنسفر» تبدیل می‌گردد.

گسترش خاص جغرافیا از توصیف گرفته تا تجزیه و ترکیب وتبدیل آن به‌یك علم نظری، وضع را درسال‌های اخیر دشوار کرده است. با اینکه عمومی‌ترین قانون‌های حاکم برتکامل بیوژنسفر معلوم و روشن هستند، اظهارعقیده‌های مربوط به‌رویدادهای بزرگ در حیات بیوژنسفر هنوز مشکوك می‌نمایند، و در تمام زمان‌ها فرضیه‌های خاصی عنوان گردیده است.

مثلاً، تاچندسال پیش، جغرافی‌دانان درتخمین درجهٔ تغییرات آب وهوا فوق‌العاده محتاط بودند. دانشمندان غالباً ازتوضیح این مطلب که مهاجرت گروه کثیری از آدمیان در تاریخ انسانی به‌دلیل بدتر شدن وضع آب وهوا بوده، خودداری می‌کردند. اما اکنون معلوم شده است که صحرای بی‌حاصلی که دوبار دربرابر دیدگان انسان به گلزار پرآبی تبدیل شده (اسب‌های آبی هم در رودخانه‌های آن اسکان گزیدند) ودوبار به‌حالت اولیه‌اش برگشته، می‌توانسته درآن روزگاران موجب مهاجرت گسترده‌ای شود. آیا می‌توان با اطمینان خاطر اظهار کرد که آب و هوا در نقاط دیگر کرهٔ زمین بدتر نخواهد شد؟ امروز به‌سادگی می‌توان وجود یك صحرای خشك و بی‌آب وعلف‌را با ویژگی‌های خاص جریان‌های جوی در این منطقه توصیف کرد. اما چگونه ممکن است که در یك دورهٔ کوتاه تاریخی، صحرایی دوبار آب بگیرد و به‌گلستانی مبدل شود؟ مفهوم این رویداد از نظر پیش‌بینی سیر فرارونده‌های طبیعی زمان ما حائز اهمیت است.

ضمناً، در حدود چند میلیون سال پیش، جنگل‌های آلش[1]، بلوط، اولس[2] و کاج که در کرانه‌های دریای آرال می‌روئیدند، اکنون جای خودرا به‌صحراهای‌بی‌حاصل داده‌اند. اگر بگوئیم که درآن روزگار آب و هوای کرهٔ زمین مرطوب‌تر از امروز بوده شاید درست نباشد. اولا، چه عواملی در توزیع مختلف رطوبت‌در جهان امروزی مؤثر بوده است؟ ثانیاً، امروز نیز جریان‌های هوا برفراز صحراهای منطقه‌ای به‌قدرکافی رطوبت دارد. و نه تنها در دشتها بلکه در دامنه‌های کوهستانی آسیای مرکزی باران می‌بارد.

درقرن نوزدهم معلوم‌شده بودکه در دوران‌سوم زمین‌شناسی جنگل‌ها دارای‌درختانی‌با برگ‌های پهن وحتی گیاهان همیشه‌بهار بودند که در قطب شمال. گرینلند، اشپیزبرگن و جزایر سیبری جدیدمی‌روئیدند. بحث‌ومجادله درموردعلت‌های این‌گونه تغییرات آب و هوا، تقریباً به یك قرن کشانده شده است. مثلا، بعضی از دانشمندان قطب را «جابجا می‌کنند»، دیگران جزایر را به سوی نواحی جنوبی «حرکت می‌دهند»، وهنوزکسانی هستند که گلف‌استریم را فراختر می‌سازند. اما در برابر هریك از این توضیحها، «چراهای» زیادی وجود دارد. چرا قطب یا جزایر جابجا شده‌اند. یا چرا گلف استریم پهناورتر شده است؟

حتی برای‌پیشامدهای‌بزرگ درحیات کرهٔ زمین، مثل‌دوران‌های یخبندان توضیح قانع کننده‌ای داده نشده است. درحقیقت،

1. beech 2. hornbean.

جنگ و جدال‌های منطقی زیادی در جهت اثبات این فرضیه که دوران‌های یخبندان از شدت بیش‌از حد تابش خورشیدی به‌وجود آمده‌اند، یا ابداً به خورشید ارتباطی نداشته و معلول تغییر شرایط کرهٔ خاکی بوده‌اند، برخاسته است.

به عبارت دیگر، قانون‌های حاکم برتکامل بیوژنسفر، که «مسبب» تمام این تغییرات هستند، تاکنون کشف نشده‌اند. اگر قانون‌های اساسی‌تکامل‌ناشناخته باشند، دشوار می‌توانیم راه‌خود را درمیان‌کلاف سر درگم علت ومعلول پیداکنیم وتشخیص اینکه چه چیز موجب تغییرات شدید در اوضاع طبیعی می‌گردد آسان نخواهد بود؛ همچنین پیش‌بینی این تغییرات دشوارتر می‌شود. با این اندیشه، منتها درجهٔ تکامل نظریهٔ جغرافیای طبیعی، به صورت یك‌امر حیاتی‌درمی‌آید، به‌ویژه‌اینکه رشدبرق‌آسای فیزیك‌هسته‌ای ثابت کرده است که امکان دست یافتن به انرژی گرماهسته‌ای قطعی است.

باوجود بالابودن سطح تولیدبرق دربیشترکشورهای توسعه‌یافته، ظرفیت سرانهٔ‌نیروی‌برق درجهان از یك‌دهم‌کیلووات تجاوز نمی‌کند، که مقدار بسیار اندکی است. انرژی گرما هسته‌ای می‌تواند تغییر قابل ملاحظه‌ای دراین وضع پدید آورد.

«کنترل آب و هوا»، یك مسألهٔ جهانی است، اما مفهوم بسیار نادرست ومحدودی پیدا کرده است. به‌زبان دقیقتر، کنترل آب و هوا دلالت برکنترل رشتهٔ کاملی از فراروندهای فیزیکو-جغرافیایی‌می‌کند، زیرا آب وهوا نتیجه‌ای ازاین فراروندهاست.

وبه‌طور کلی نمی‌توان عاملی را بدون در نظر گرفتن عوامل دیگر تغییر داد.

مثلاً، اگر سواحل یك قاره به جای آب سرد با آب گرم شسته شود، چه تغییراتی در طبیعت رخ خواهد داد؟ خلق کنندگان این‌گونه طرحها، درپاسخ می‌گویندکه آب وهوای منطقهٔ ساحلی قاره روبه‌گرمی خواهد رفت، و در نتیجه امکانات تازه‌ای برای گسترش کشاورزی خواهدگشود.

رویدادهای زیر، سه‌بار در ۷۵ سال گذشته درسالهای ۱۸۹۱ و ۱۹۲۵ و ۱۹۴۱ در ساحل اقیانوس آرام در امریکای جنوبی رخ داد. ساحل پرو، باجریان آب هامبولت شسته شده است. این‌جریان آب سرد، اولاً دما را درکنار دریا پائین می‌آورد، و ثانیاً باعث بیحاصلی فراوان در مناطق نزدیك به دریا می‌شود و بـه صحرای آتـاکامـا موجودیت می‌بخشد. رود اخیر، سرشار از پلانکتون و ماهی‌است که درمقیاس‌تجارتی قابل صیدهستند. تابستانها، معمولا جریان آب‌گرم ال‌نینو، به‌سوی رود هامبولت جاری می‌شود و به دماغهٔ بیانکو، با چهار درجه عرض جغرافیایی، می‌رسد. اما در بعضی سالهاکه بادهای شمال شرقی فروکش می‌کند، وجای خود را به‌بادهای شمال غربی می‌دهد، جریان آب گرم ال‌نینو تقریباً تا ۱۰۰۰ کیلومتر رو به‌جنوب پیشروی می‌کند. آنچه رخ می‌دهد به تغییر کلاسیکی آب‌وهوا معروف است: به این معنی‌که جریان آب سرد هامبولت از سواحل دور می‌شود وآب‌گرم ال‌نینو جای آن را می‌گیرد. دمای این آب معمولاً ۷ یا ۸ درجه بیش از دمای

متداول دراین نقاط است.

درنتیجهٔ این تغییر، مقدار اکسیژن آب اقیانوس به‌شدت پائین می‌آید (مقدار اکسیژن در آب سرد همیشه بیشتر است)، و منجر به مرگ جانورانی می‌شود که دراعماق آب زندگی می‌کنند. ماهی‌ها از ساحل می‌گریزند، به هلاکت می‌رسند و ساحل اقیانوس را بقایای از بین رفتهٔ جانوران دریایی می‌پوشاند. سولفید هیدرژن هوا را مسموم کرده وقشر سیاه رنگ بدبویی روی آب دریا جمع می‌شود (دریانوردان آن را رنگ آمیزی کالائو می‌نامند، زیرا بندر کالائو مربوط به رود پرو، که مدخل اصلی این رود است همیشه به این قشر آلوده است). بعد ازماهی‌ها، میلیون‌ها قره‌قاز، مرغابی و پرندگان دیگر سواحل را ترك می‌گویند. طوفان‌ها و باران‌های سنگین برروی مناطق خشك وبی‌حاصل کوهستانی، که آب وهوای ملایم وپاکی دارند، نازل می‌شود. صحرای خشك، رنگ زندگی به خود می‌گیرد، گیاهان استوایی پدیدار می‌گردند و رودخانه‌ها سرشار از آب می‌شوند. خانه‌ها و بناهایی که باآب وهوای خشك سازش دارند فرو می‌ریزند، وجاده‌ها با آب فراوان شسته و پاك می‌شوند. شبکه‌های آبی و کابل‌های زیر زمینی از این نعمت بی‌بهره می‌مانند و شهرهای مجاور از روشنایی و آب آشامیدنی محروم می‌شوند. بقایای کود فضلهٔ مرغان از بین می‌رود، و بسیاری از حشرات پیدا می‌شوند وخطر واقعی اپیدمی همهٔ جانوران را تهدید می‌کند.

این آزمایش‌ها، که با دست طبیعت انجام شد هربار تقریباً

یك ماه طول کشید. اما همین مدت کوتاه برای نشان دادن صحت نتایج به‌دست‌آمده از جغرافیای طبیعی کافی بود: بیوژنسفر، سازوکار حساس، ظریف و نیك هماهنگ شده‌ای است که کوچکترین اختلال در کار فرارونده‌های طبیعی (این بار تغییری است که در بادهای شمال شرقی به‌وسیلهٔ بادهای شمال غربی به‌وجود می‌آید) منجر به‌رشتهٔ نتایج بسیارپیچیده و درهم برهمی می‌گردد. آنچه که باید به‌آن توجه داشت این است که همهٔ این پی‌آمدها برای انسان مطلوب‌نیستند و هرچیزاز آنچه‌که خلق‌کنندگان این پروژه‌ها تصور می‌کنند بس دشوارتر و غامض‌تر است.

اگر تمامی یخ‌قطب جنوب ذوب شود چه‌اتفاقی رخ خواهد داد؟ نتیجهٔ طبیعی این است که آب وهوای کرهٔ زمین روبه گرمی خواهد رفت. اما در این مورد موضوع به‌همین سادگی نیست. در حقیقت، ذوب‌شدن قشر یخ موجب افزایش دما در نواحی جنوبی قطب خواهد شد ـ این حداقل تأثیر اولیه خواهد بود. سپس سطح آب اقیانوس دهها متر بالا خواهدآمد. اقیانوس به‌سوی سرزمین‌های پست طغیان‌کرده و ساکنان این مناطق را ناگزیر می‌سازد تا به نقاط مرتفع‌تری پناه ببرند. نفوذ عمیق آب اقیانوس به مناطق پهناور دور از دریا، موجب گرمتر و مرطوبی‌تر شدن‌آب وهوای این نقاط می‌گردد. سپس باتلاقها به‌وجود می‌آیند. زیرا سطح‌آب زیرزمینی بالا خواهد آمد و به‌نوبهٔ خود فرارونده‌های تشکیل‌دهندهٔ خاك، طبیعت زندگی گیاهی وغیره را تغییرخواهد داد. درگذشته، قشر یخ قطب جنوب به‌سبب ذوب شدن یخچالهای طبیعی به‌سرعت

زیاد شد. رطوبت آزاد شده، احتمالاً در جهت مخالف پیشروی کرده وباعث باران‌های سنگین غیرعادی درامریکای شمالی، آسیا و اروپا شده است. از این‌رو، برمیزان ابرکرهٔ زمین نیز بی‌تردید اضافه خواهد شد. در حال حاضر، دمای متوسط روی کرهٔ زمین حدود ۱۵ درجهٔ سانتیگراد ومیزان متوسط ابرآن ۵۰ درصد است. اگر این رقم به ۶۰ درصد برسد، دمای متوسط در روی کرهٔ زمین به ۱۰درجه تقلیل خواهد یافت.

دربارهٔ عقیدهٔ همگانی مبنی بر آزاد کردن اقیانوس منجمد شمالی ازیخ چه می‌توان گفت؟ وتا چه حد عملی است؟ مطالعاتی که‌روی ایستگاه‌های یخ‌آب‌آورده دراقیانوس منجمدشمالی انجام شده نشان می‌دهدکه شناوری یخ دراقیانوس منجمد شمالی طبیعت رسوبی دارد، و اگر قرار بود بطور مصنوعی جابجا شود هرگز یخ دائمی تشکیل نمی‌شد؛ ولی چه عواقبی خواهد داشت؟ لزومی ندارد که یك یك آنها را نام برد، زیرا مثالهایی که قبلاً آورده شده کافی‌اند. نظریه‌ای‌است که می‌گوید آزادکردن اقیانوس منجمد شمالی از قشر یخ، منجر به عصر یخبندان جدیدی خواهد شد. بر-اساس این فرضیه، دمای متوسط سالانهٔ قطب شمال عاری از یخ به صفرخواهد رسید، درحالی‌که عمل تبخیر ازسطح آزاد اقیانوس سبب ریزش برف سنگینی شده که در فصل تابستان ذوب نخواهد شد، بلکه بر روی جزایر و سواحل انباشته می‌گردد و آنها را تبدیل به توده‌های یخ غلطان خواهد کرد. از سوی دیگر، آخرین مطالعات نشان داده است که در دوران اوج انتشار توده‌های یخ

غلطان در امریکا ، اروپا و آسیا ، اقیانوس منجمد شمالی از یخ پوشانده نشده بود: به این معنی که سطح اقیانوس رطوبت لازم را برای قشرهای یخ قاره‌ای فراهم آورد. به‌سخن دقیقتر، اگر بشریت واقعاً امروز با کار ذوب کردن قشر یخ در قطب جنوب یا پوشش یخ در اقیانوس منجمد شمالی روبرو شود، ازنظر مسئولیت آینده‌نگری‌ای که علم دارد نمی‌تواند مشخص کند که چه‌تغییراتی در روی کرهٔ زمین رخ خواهد داد و آیامصلحت دراین خواهد بود که تمامی یا قسمتی از قشرهای یخ ذوب گردد.

اما این مسأله درآینده پیش‌خواهد آمد. امروز، شکاف بین امکانات فنی، که روی طبیعت اثر می‌گذارند، ودانش ومعرفت ما از رفتار طبیعت تغییر یافته، نموداری روشن به‌دست می‌دهند. در آیندهٔ نـزدیك این شکاف از میان خواهد رفت و انسان صاحب انرژی گرما هسته‌ای‌خواهدشد، اما نیازهای خطیرتری ازجغرافیای طبیعی انتظار خواهد رفت.

عصر انرژی گرما هسته‌ای نزدیك می‌شود، وگرمای مازاد به مقدار بسیار زیادی وارد بیوژنسفر می‌گردد . تردیدی نیست که برای استفاده از انرژی گرما هسته‌ای، یك حد و مرز معین فیزیکو-جغرافیایی وجود دارد. بنابراین، وظیفهٔ دانشمندان علم جغرافیای طبیعی‌است که حدود افزایش دمای متوسط را درمحدودهٔ بیوژنسفر مشخص کنند وآثارآن را زیر بررسی قرار دهند.

تابش‌خورشیدی، منبع انرژی طبیعی‌برای تمام فرارونده‌هایی است که درسطح زمین رخ می‌دهند. از دیدگاه علوم نظری (و حتی

از نظر عملی و به‌کمك ترانزیستورها)، انرژی خورشید را می‌توان مستقیماً به نیروی برق تبدیل کرد. اما عاقلانه‌تر این نیست که استفادهٔ کاملتری از انرژی خورشید شود تا از انرژی گرما هسته‌ای؟ چرا که تبدیل انرژی خورشید به نیروی برق هیچ‌گاه سبب گرم شدن بیش از حد کرهٔ زمین نمی‌شود.

درمورد اهمیت آتی انرژی خورشید، نظریه‌های گوناگونی ایراد شده است. مدتها صحبت از این بوده که ایستگاه‌های بهره‌برداری از انرژی خورشید، درنواحی صحرایی و به‌طور کلی در مناطقی که آفتاب فراوانی دارند ساخته شود. همچنین، باکمك ترانزیستورها می‌توان از انرژی خورشید، به مقیاس وسیعی، در نیازمندی‌های خانگی استفاده کرد.

در اینجا باید تأکید کنیم که هر تغییر و تحول بزرگی که در طبیعت به‌وجود می‌آید، احتیاج به دانش ژرف و کامل از ارتباط بین فرارونده‌هایی خواهد داشت که دربیوژنسفر روی می‌دهند، یعنی تغییراتی که دریك قسمت ازبیوژنسفر پیش می‌آید لزوماً برقسمتهای دیگر تأثیر می‌گذارد. هنگامی که مقدار یخ در دریاهای شمالی کاهش‌می‌یابد، سطح آب دریاچه‌های افریقای استوایی به‌طرز قابل توجهی بالا می‌رود، اماسطح آب بحرخزر، برعکس، درفاصلهٔ دو یا سه سال پائین می‌آید و سطح آب دریاچهٔ میشیگان در آمریکای شمالی نیز کاهش‌پیدا می‌کند. ذوب‌شدن یخ درقطب شمال موجب رشد سریع جزایر مرجان درناحیهٔ کمربند استوایی اقیانوس آرام و اقیانوس هند خواهد شد.

چندسال پیش، آمریکائیها پروژه‌ای پیش آوردند و می‌خواستند مسیر جریان آب گرم گلف استریم را از سواحل اروپا به سوی کرانه‌های آمریکای شمالی منحرف سازند. آب و هوای اروپای شمالی بیشتر تحت تأثیر جریان گلف استریم است، یعنی دریاهایی که کشورهای اسکاندیناوی را مشروب می‌کنند هرگز یخ نمی‌بندند و جنگلها از آب این دریاها تغذیه می‌کنند. اما ساحل آتلانتیك آمریکای شمالی با جریان آب سرد لابرادور مشروب می‌شود.

اگر جریان آب گرم گلف استریم به سوی کرانه‌های آمریکا برگردانده شود، آب و هوای ساحل آمریکای شمالی، به احتمال زیاد گرمتر خواهد شد، اما ازسوی دیگر آب وهوای اروپا به‌طرز قابل توجهی بدتر می‌شود: جنگلها شکل جلگهٔ بی‌درخت را پیدا خواهند کرد، دریاهای شمالی برای ماهیهای متمادی به حالت یخبندان باقی خواهند ماند و نسل ماهی‌های با ارزش، که به مقدار زیادی صید می‌شوند، نابود خواهد شد.

این بدان‌معنی است که قبل‌ازبازسازی طبیعت درهرمنطقه‌ای دانشمندان‌جغرافیای طبیعی باید نه‌تنها تغییراتی را که در یك منطقه معین رخ می‌دهد پیش‌بینی کنند، بلکه همچنین تغییراتی راکه ممکن است در طبیعت نقاط دیگری پیش آید در نظر بگیرند. اگر مسألهٔ ذوب‌کردن مصنوعی یخ قطب شمال به‌صورت جدی عنوان‌گردد، علاوه برپیش‌بینی‌تغییراتی که درمحیط‌طبیعی‌مجاور اقیانوس‌منجمد-شمالی به وجود می‌آید، باید تغییراتی را که در اوضاع طبیعی آفریقای استوایی حادث می‌شود از قبل به‌حساب آورد.

باید درنظرداشته باشیم که نداشتن‌دانش کافی از فرارونده‌ای فیزیکو جغرافیایی موجب بروز اشتباه‌های جدید و جبران ناپذیری می‌گردد، هرچند درپس این اشتباه‌ها تعمدی نبوده باشد. چند سال پیش، آمریکائیها پیشنهاد کردند که پس مانده‌های رادیو اکتیو در اعماق اقیانوس تخلیه شود، به‌این فکرکه این‌مواد برای همیشه در آنجا مدفون خواهندشد. اما پژوهشهای اقیانوس‌شناسان شوروی نشان داده است که دراعماق اقیانوس مخلوط اکتیوی از آب‌وجود دارد، و درنتیجه پس‌مانده‌های رادیواکتیو در تمامی جهان‌اقیانوس منتشرخواهدشد ومحیط‌زیست‌را آلوده خواهدکرد. حتی این‌عمل، عواقب زیان‌بار وغیرقابل سنجشی به‌دنبال خواهد داشت.

وبه‌این ترتیب، هرچه میزان‌دخالت انسان در مسیر فرارونده‌های طبیعی بیشتر شود، مبادی انسانی نیازهای زیادتری بردوش علم هموار خواهدکرد.

بشریت، نه تنها طبیعت را از روی قصدوعمد تغییر می‌دهد؛ بلکه پیوسته‌در روند بیوژنسفر دخل وتصرف‌می‌کند، چراکه‌قرن‌ها است در محدودهٔ مرزهای آن روزگار سپری می‌کند و نیازهای زندگیش را از آن می‌گیرد. سوای این، دامنهٔ این نفوذ و رخنه‌پذیری دائم رو به‌فزونی است. هیچ چیز وهیچ‌کس قادر نیست این فرارونده طبیعی را منسوخ کند.

بیائید باهم‌تاریخ کشوری راکه باقبایل مایایی هندی‌به‌وجود آمد ودرآمریکای‌مرکزی‌زندگی‌می‌کردند مرورکنیم. درتاریخ این کشور، نخستین دورهٔ هزار سالهٔ ظهور مسیح، به پادشاهی کهن

معروف است و پنج یا شش قرن بعدی را پادشاهی نو تمام نهاده‌اند. شاید این یکی از مواردی است که تقسیم بندی تاریخ‌نگاری به «پادشاهی» برحسب خطه و قلمرو انجام شده است: یعنی دراواخر قرن دهم مایاها شهرهای خود را ترك کردند و در نقاط دیگری سکونت گزیدند. سپس مردمان تازه‌ای به قلمرو آنها پا نهادند و شهرها و مکانهای جدیدی درمیان جنگلهای استوایی بدوی ساختند؛ سرزمین پادشاهی کهن به‌سرعت برچیده‌شد و جای آن‌را زندگی نبات گرمسیری گرفت.

این رویداد تاریخی را نمی‌توان به‌تفصیل توضیح داد، اما سرانجام دانشمندان به این توافق رسیدند که مایاها، که به کار کشاورزی در سرزمینهای جنگلی مشغول بودند، براثر سقوط و سوزانده شدن درختان، خاکی‌را که برروی آن زندگی می‌کردند و از آن تغذیه می‌شدند ترك گفتند و ناگزیر آنچه داشتند برجا نهادند و ترك دیار کردند. مردمان دیگر مانند قبایل اسلاوینا [ناحیه‌ای در شمال شرقی یوگوسلاوی و مشرق کرواتیا] در قرون وسطی و بومی‌های آفریقای گرمسیری تا امروز دست به همین کار زده‌اند. زمین اطراف دهکده از سکنه خالی شده و دهکده تبدیل به مکان تازه‌ای شده است.

در اینجا نمونه‌ای از زندگی امروزی آورده می‌شود و.. بوگوروف[1]، اقیانوس‌شناس شوروی ماجرای سفر خودرا که همراه

1. V. Bogorov.

با هیأت اعزامی از جزیرهٔ کریستمس در اقیانوس هند درسال ۱۹۶۰ دیدن کرده بازگو می‌کند. جزیرهٔ کریستمس، مانند جزایر دیگر، غنی از کود با ارزش فسفات است که توسط شرکت فسفات بریتانیا ازمعادن آن بهره‌برداری می‌شود. بوگوروف چنین می‌گوید:

«به‌مدت هزاران سال، طبیعت کوشیده تا این پدیدهٔ بی‌مانند را خلق کند. سیستم بادهای بسامان[۱]، جریانهای نیرومندی تشکیل می‌دهد و از سوی آبهای سرد دریاهای عمیقی می‌آید که از نمك فسفر و ازت اشباع شده‌اند. حیات، به‌سرعت در لایه‌های فوقانی اقیانوس که نورخورشید به‌آنها نفوذ می‌کند رشد می‌کند. قرن‌های متمادی، پرندگانی که از ماهی تغذیه می‌کردند، فضله‌هاشان را برروی جزیره ریختند. و تمام شکافها وسوراخ‌های درون سنگ‌های آهکی‌را پرکردند. فضلهٔ پرندگان خیلی‌زود خشك‌شد وتبدیل به‌مادهٔ سختی گردید. درهمین زمان روی آن‌را جنگلهای استوایی پوشاند.

«امروز، ماشینها تنه‌های عظیم درختان را برروی دشت در می‌غلطانند و بیل‌های مکانیکی نیرومند کود طبیعی را از دل خاك بیرون می‌کشند و دور می‌ریزند. هرجا که ماشین می‌گذرد هرچیز زنده‌ای را از بین می‌برد. سنگ‌های آهکی دست نخورده، بدون هیچگونه خاك و گیاه و علف‌های هرزه، مانند «دندان» کشیده می‌شوند. چه برسرجزیره خواهدآمد؟ این صدای همهٔ مابود. سرپرست معدن،

۱. Trade-Winds. بادهای مساعد برای تجارت.

که گویی فکر ما را خوانده بود گفت: «وقتی که تمام جزیره به‌این شکل درآید دیگر این آدم‌ها اینجا کاری ندارند.»

از این مثال‌ها چنین برمی‌آید که ارتباط متقابل بین انسان و طبیعت چیزی نیست که به‌سادگی با برگرداندن آنچه که از طبیعت عاریه گرفته‌شده، یا قانون بقای ماده حفظ گردیده، قابل‌حل باشد. تبادل بین انسان وطبیعت عواقب بسیار گوناگونی دارد که خیلی از آنها برزندگی انسان اثر ریشه‌ای داشته‌اند و دارند. این اتفاق به این دلیل رخ‌می‌دهد که بین بیوژنسفر و بشریت یك‌وحدت دیالکتیکی وجود دارد، وهرتأثیر ونفوذی ـ چندان زیاد هم که نباشد ـ که از سوی انسان برطبیعت اعمال شود موجب واکنشی از سوی طبیعت برانسان خواهدشد. ضرب‌المثلی می‌گوید «هرچه بکاری درو می‌کنی».

عملیات مختلف حفاری و بهره‌برداری ازمعادن ودورریختن تفالهٔ فلزات درتمام‌جهان، سالانه درحدود ۵۰۰۰میلیون مترمکعب برسطح کرهٔ زمین می‌افزاید؛ این رقم تقریباً برابر یك‌سوم رسوب‌هایی است که تمامی رودخانه‌های سیارهٔ ما با خود به اقیانوس می‌برند. با شخم زدن زمین، انسان سالانه تودهٔ عظیمی از خاك را جابجامی‌کند که حجم آن‌سه‌برابر حجم تمام‌فرارودهای آتشفشانی است که درمدت یك‌سال از اعماق زمین به‌بیرون پرتاب می‌شود. در یك مزرعهٔ کاملا مکانیزه، ماشینها وابزارهای کشاورزی حدود ۲۵ بار درطول سال مزارع‌را می‌پیمایند، وخاك را به‌پودر درمی‌آورند وساختار آن‌را زیر ورو می‌کنند ودرهم می‌ریزند. درطول ۵۰۰سال گذشته، انسان‌حدود ۵۰۰۰۰میلیون‌تن کربن ومیلیونهامیلیون

تن آهن استخراج کرده‌است. در ۳۰سال گذشته، میزان بهره‌برداری از معادن فلزات غیر آهنی و فلزات کمیاب بیش از تمامی تاریخ بشریت بوده‌است. در قرن گذشته، کارخانجات صنعتی حدود ۳۶۰۰۰۰ میلیون تن کربن دی اکسید (Co_2) به‌جوّ زمین افزوده‌اند، و غلظت متوسط آن را تا ۱۳ درصد بالا برده‌اند. در حدود ۱۱۲ تن دودهٔ کربن هر ماهه از هوا بر روی هر ۲٫۵ کیلومترمربع از مساحت نیویورك می‌ریزد. در شوروی، سالانه نزدیك به ۵۰۰ کیلومترمکعب آب از رودخانه‌ها برای نیازمندیهای صنعتی، کشاورزی و مصارف عمومی کشیده می‌شود، که این رقم ۳۰ تا ۴۰ درصد طغیان سالانهٔ رودخانه‌های این کشور است. مساحتی قریب ۱۰۰ میلیون هکتار درجهان به‌طورمصنوعی آبیاری می‌شود، درحالی که زمین زهکشی شده[1] به ۵۰ میلیون هکتار می‌رسد.

در نتیجه، زمینه‌های زیادی برای صحبت کردن دربارهٔ نفوذ انسان برطبیعت وجود دارد. ومابه بررسی بعضی از این تأثیر ونفوذها می‌پردازیم.

شخم‌زدن زمینهای وسیع با فرسایش[2] همراه‌است. درسرتاسر جهان بیش از ۵۰ میلیون هکتار زمین به کلی برای استفادهٔ کشاورزی نامناسب تشخیص داده شده‌است. در آمریکا، مساحت کلی زمین فرسوده از ۴۰۰ میلیون هکتار تجاوز می‌کند؛ سالیانه ۳۰۰۰ میلیون تن خاك سطحی

۱. ازمصدر فعل To Drain به‌معنای زهکشی کردن، خشك انداختن گرفته شده است. - م.

2. Erosion

مزارع و چرا گاهها شسته و روبیده می‌شود. درآفریقا، به علت سوزاندن گیاهان، صحراها تبدیل به جلگه‌های بی‌درخت شده‌اند، و از سوی دیگر، قطعات بزرگ جلگه جای جنگلهای استوایی از بین رفته را گرفته‌اند. در سال ۱۹۶۰، براثر طوفانهای گرد وخاك آلود در ناحیه‌های جنوبی شوروی، محصول چند میلیون هکتار از بین رفت یا به‌شدت صدمه دید.

سالیانه، نزدیك به ۱۲۸ میلیون مترمکعب رسوب‌های ناشی از فرسایش، ازدرون کانالها در شوروی پاك‌می‌شود. روزگاری، جنگلها حدود ۷۰۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های جهان را گرفته بودند، و امروز فقط نیمی از آن را تشکیل می‌دهند. در امریکا، تنها یك سوم از مساحت درختان رشد یافته باقی مانده است، و جنگلهای بکر بیشتر از ده درصد در امان نبوده است. در زمانهای گذشته. زندگی‌نباتی موجب کاهش شدید مقدار گاز کربنیك درجوّ زمین گردید. امروز، همانطور که در پیش اشاره شد، فرارونده معکوسی جریان دارد. گاز کربنیك، غذای گیاه است، وطبق‌نظریهٔ کارشناسان، مقدار موجود آن حداقلی است که برای رشد گیاه لازم خواهدبود. با اضافه‌کردن مقدار گاز کربنیك، انسان برشدت رشدگیاه می‌افزاید. اما گاز کربنیك، انرژی خورشیدراکه به‌زمین واگذار شده می‌گیرد و باعث «گرم‌شدن» زمین‌می‌شود.[1] برآورد.

۱. نقش گاز کربنیك در جو زمین این است‌که از خروج تابش‌های گرمایی زمین جلوگیری می‌کند ودوباره آنها را به‌زمین پس‌می‌فرستد. این عمل به«اثر گلخانه» معروف است. - م.

های مختلف نشان داده است که اگر میزان رشد صنعتی کنونی حفظ شود (ومسلماً بالا خواهد رفت)، گاز کربنیك جوّ زمین را درطول ۲۰۰ سال به‌حد غیر مجازی گرم خواهد کرد. مقدار گاز کربنیك که در حال حاضر به‌جوّ اضافه می‌شود برای بالا بردن دمای میانگین آن از ۱/۵-۱ درجه کافی است.

به عبارت دیگر، «واکنش» طبیعت در برابر فعالیتهای اقتصادی انسان، یك مقیاس جهانی به‌خودگرفته است. روزی بود که انسان خاك سرزمینش را ترك می‌کرد و به‌نقطهٔ تازه‌ای نقل‌مکان می‌کرد. اکنون تلاش اقتصادی انسان، مقیاس جهانی پیدا کرده، وحتی امروز وضع طوری شده‌که باید به‌سیاره‌مان فکرکنیم، چرا که ترك گفتن آن چندان‌کار ساده‌ای نیست.

بشریت وبیوژنسفر را می‌توان دو «یار ابدی» تصورکرد که نفوذ متقابل پایداری دارند. تبادل بین‌انسان وطبیعت به‌حد ابتدایی پائین نخواهد آمد، اما تصرفها و دخالتهای نـدانسته در مسیر فراروندهای طبیعی وپی‌آمدها[1] از پیش درنظرگرفته می‌شود.

ما در دوره‌ای زندگی‌می‌کنیم‌که تغییر چشمگیری در روابط متقابل جامعه انسانی وطبیعت دیده می‌شود. در حقیقت، ما شاهد پایان عصر آهن هستیم. قرن‌گذشته، اوج استفاده از آهن خالص بود. اما امروزه درکنار آلیاژهای‌مختلف‌آهن، اهمیت‌مواد دیگر ـ آلیاژهای سبك برپایه آلومینیوم و منیزیم و پلاستیك‌ها ـ بیشتر

1. consequence.

احساس می‌شود. راز منشاء نفت ، مسألهٔ فوق‌العاده جالبی است. به موجب بعضی از محاسبات، ذخایر نفتی جهان عملا ظرف چند دههٔ آینده تمام خواهد شد. اگر این طور باشد، در روابط متقابل انسان با طبیعت تغییراتی رخ خواهد داد (مردمان از دیرباز نفت مصرف می‌کرده‌اند). این محاسبات، براساس نظریهٔ آلی منشاء نفت بنا شده‌اند، یعنی ذخایر بقایای گیاهان و موجودات ذره‌بینی روی زمین، از نظر کمی محدود هستند، و در نتیجه برای فراوردهٔ مشتق شدهٔ آنها یعنی نفت نیز محدودیتهایی وجود دارد . اخیراً، اوضاع به‌نفع نظریهٔ معدنی برگشته است، یعنی نظریه‌ای که معتقد است نفت دائماً دردرون زمین تشکیل می‌شود. اگراین نظریه درست باشد، معنی‌اش این است که ذخایر نفتی عملا تمام نشدنی‌اند.

درمورد زغال‌سنگ جای نگرانی نیست، زیرا ذخایر زغال‌سنگ به‌مقدار فراوان وجود دارد. اما دراصل، استفاده از زغال‌سنگ و نفت به‌عنوان سوخت، کار غیرعاقلانه‌ای است: هردو آنها مواد خام بسیار با ارزشی برای صنایع شیمیایی هستند. در آینده، پس از روی کارآمدن انرژی گرما هسته‌ای در رأس تمام انرژی‌ها، زغال سنگ و نفت کاملاً به مصرف صنایع شیمیایی خواهند رسید.

آن روزی که ذخایر سطحی کانیها[1]ی سودمند به‌پایان برسد، زیاد دور نیست. با این ترتیب، باید راه و روشهای تازه‌ای برای

1. Minerals

استخراج کانیها پیدا کرد. و این روشها با کمک مهندسی زمین‌شناسی که شاخهٔ جدیدی از علم و مهندسی است و از پیوند رشته‌های زمین‌شناسی، معدن کاری، زمین شیمی و مهندسی شیمی به وجود آمده تدبیر می‌شوند و وارد عمل می‌گردند. مهندسی زمین زیستی، رشتهٔ بسیار امیدوارکننده‌ای است. این علم دربارهٔ روشهای بهره‌برداری از موجودات زنده برای به‌دست آوردن مواد خام صنعتی (آهن، منگنز، فلزات کمیاب، ید وغیره) بحث و گفتگو می‌کند.

در آیندهٔ نزدیک، استفاده از چوب به‌عنوان منبع انرژی، محدود خواهد شد. بسیاری از دانشمندان سرگرم پژوهش دربارهٔ پدیدهٔ فتوسنتز، به‌ویژه سودبخشی جلبکهای پلانکتون هستند، که می‌توانند راه علاجی برای جنگلها و زمینهای قابل کشت آسیب دیده باشند. جای هیچگونه بحث نیست که پیروزی پدیدهٔ فتوسنتز، امکان به‌دست آوردن مواد آلی لازم را فراهم خواهد کرد، و آب دریاها و اقیانوسها حکم زمینهای زراعی را پیدا خواهد کرد. در آینده، ارتباط ارضی انسان و طبیعت، احتمالا بازسازی خواهد شد: خشکی به قطب صنعتی و جامعه‌های گوناگون واگذار خواهد شد، اما کشاورزی همانطور که بود، به‌سوی دریاها و اقیانوسها «کشانده خواهد شد».

درجه و شدت حیات و توالد و تناسل خود به خود آن، در اقیانوس خیلی زیادتر از خشکی است. برای یک فیل، ۴۰ سال طول

می‌کشد تار شدکند وبه‌حد بلوغ برسد، و درمورد بال[1] دوسال به طول می‌انجامد. برای تجدید حیات یك‌جنگل دهها سال زمان‌لازم است. جلبکهای پلانکتون در اقیانوس ، در یك فصل تـولید مثل فراوانی‌دارند. فراورده‌های گیاهی وحیوانی رامی‌توان ازکشتزار-های دریایی تأمین کرد، و مقدار تولید آنها بارها بیش از تولید کشتزارهای زمینی است.

رویش گیاهی سنتی ما، به‌دلیلی زیان خیلی فراوانی دارد. شرایط خاك، ساختار گیاهان را بادشواریهای‌زیادی روبروکرده و تکامل جداگانه‌ای ازاندامهای آنها را باعث گردیده است. مثلا، انسان گندم‌سیاه می کارد: گیاه‌دارای‌ریشه، ساقه، خوشه ودانه‌هایی است که به‌این منظور گیاه‌کاشته می‌شود. در نتیجهٔ این عمل. فقط قسمت‌کمی از تمامی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (ما به کاه اهمیتی‌نمی‌دهیم، زیراآنچه موردنظر ماست غذای انسانی است). وبقیهٔ آن تلف می‌شود. تصورکنیدکه ریشه‌ها و ریشه‌های زلف‌دار چهارگیاه‌گندم سیاه می‌تواند دورتادور استوای زمین را به‌صورت کمربندی محاصره کند. این وضع در مورد گیاهان دریایی کاملا متفاوت است. از این گیاهان می‌توان حداکثر استفاده را برد، یعنی صددرصد.

اهمیت بررسیهای «ارضی» را نباید ندیده گرفت: در روی زمین، «خشکی»به‌حد وفور وجود ندارد، وباتوسعهٔ شهرها وقطب-

1. Whale

های صنعتی و غیره، «بهای» یك هکتار زمین به طور پیوسته ویك‌نواخت بالا خواهد رفت.

درهرصورت، زندگی آیندهٔ انسان ازبسیاری جهات رابطه‌ای ژرف با اقیانوس خواهد داشت، و این امر مسئولیت مشخصی بر دوش علم می‌نهد.

درپایان، حل‌وفصل مسائل جامعه‌شناسی طبیعی با رشدجمعیت بیشتر احساس می‌شود. امروز، ۳۰۰۰ میلیون نفر بر روی سیارهٔ ما زندگی می‌کنند، که یك‌سوم آنها به‌قدر کافی تغذیه نشده‌اند. براساس محاسبات کاملاً واقع بینانه، می‌توان ادعا کرد که درصدسال آینده جمعیت جهان به ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلیون نفر بالغ خواهد شد. این برآورد، به‌هیچوجه دلیلی برنظریه‌پردازی دریك قالب نئومالتوسی به‌دست نمی‌دهد. گرسنگی، که میراث اوضاع معین اجتماعی همراه باسیستمهای استثمارکننده‌است ازبین خواهد رفت. اما پایان‌دادن به‌گرسنگی دائمی وعدم تغذیه‌کافی همراه با رشد سریع‌جمعیت، به شدت برروی نفوذ متقابل انسان با طبیعت اثر خواهدگذاشت.

یکی از ویژگیهای برجستهٔ قرن ما تکامل برق‌آسای شیمی‌پلیمرهاست، که مواد گوناگونی را جانشین فرآورده‌های طبیعی، مثل چرم، پوست، ابریشم، پنبه، لاستیك، چوب، فلز و رنگهای طبیعی می‌کند. فراورده‌های مصنوعی، به سرعت مواد طبیعی را کنار می‌زنند و جای تازه‌ای در زندگی انسان برای خود بازمی‌کنند. امروز برای تهیهٔ پالتوی پوست احتیاجی به کشتن حیوانات نیست، وفردا انسان‌خواهدآموخت که ازنفت‌چگونه‌پروتئین، چربی

وشکر مصنوعی به‌دست آورد.

روند جانشین کردن مواد مصنوعی به‌جای فراورده‌های طبیعی، که ضمناً سودمندتر هستند، خیلی آهسته آغاز شد و امروز به یك مقیاس عظیم جهانی رسیده است.

این را نباید یك انگیزهٔ اخلاقی تلقی کرد که انسان به جای کشتن حیوانات پوست‌دار از پوست مصنوعی استفاده کند. بلکه این گسترش مفهومهای اخلاقی و روانشناختی[1] در بردارد که در ارزیابی کردن آنها باید بکوشیم؛ ماهمچنین بایدکوشش کنیم که تصوری ازاینکه‌چگونه پیروزی انسان برطبیعت‌براو وگرایشهایش نسبت به‌جهان خارجی اثر خواهدگذاشت به‌دست‌آوریم.

اولین و مهمترین چیز این است که استفاده از فراورده‌های مصنوعی، به جای مواد طبیعی، انسان را از روی آوردن وسوء‌استفاده‌کردن از زندگی جانداران دیگر بی‌نیاز می‌کند ویك تغییر روانشناختی در رابطهٔ انسان وطبیعت به‌وجود می‌آورد. فقط بااین گام جهش‌آساست‌که انسان می‌تواند با گذشتهٔ زیستشناختی خود قطع رابطه کند، و باز از این راه است که روند روانشناختی او تکامل می‌یابد و در جهان خارجی به صورت نوع ویژه‌ای تجلی می‌کند.

نتیجهٔ اخلاقی و روانشناختی، گرایشی احترام گزارتر از تمایلی است‌که انسان به‌زندگی جانداران دارد. این مفهوم جدید

1. Psychological

طبیعت ، انسان را از نظر روانی بس بی‌نیاز خواهد کرد، جهان خارجی را زیباتر و نزدیکتر خواهد ساخت، و به او این توانایی را می‌دهد تا دوستان تازه‌ای درمیان حیوانات و گیاهان بیابد، و پیچیدگی هرگونه حیاتی برای او روشن و آشکار باشد.

انسان باآسوده شدن از نابود کردن جانداران ، پیوندهای دوستانهٔ زیادی با طبیعت خواهد یافت . در آیندهٔ نه چندان دور، شیمی‌نوخیلی ازرازهای کنونی ما راکشف خواهدکرد. درآن‌روز علم وظایف سنگینی برعهده دارد و ما دراینجا به‌ذکر دو موردآن می‌پردازیم :

اول از همه ، واکنشی است که بیوژنسفر در برابر فعالیت اجتماعی‌انسان‌نشان‌می‌دهد، البته، نبایداین‌حقیقت‌راندیده‌گرفت‌که حتی‌امروزبیوژنسفر انسان‌را درترازنامه‌اش«به‌حساب‌آورده‌است». درجنگهای جهانی گذشته، که میزان صید ماهی در دریای آتلانتیك شمالی به‌شدت پائین آمد، به‌علت «تراکم»، مرض درمیان ماهیها دیده شد، و اندازهٔ متوسط ماهیها به‌طور قابل توجهی‌کوچکتر شد این رویداد نشان می‌دهد که انسان سیر فرارونده‌های حیاتی را در دریا تنظیم می‌کند، وطبیعت خود را با فعالیتهای اقتصادی انسان سازش می‌دهد.

انتقال کامل به‌جهان فراورده‌های مصنوعی، طبعاً برخی از پیوندهای بادوام وطولانی رامنسوخ‌خواهدکرد واثر ناخوشایندی برجا خواهد گذاشت ؛ مهمتر از همه اینکه این تغییر مرحله ـ از طبیعی به‌تصنعی ـ مقدم برنفوذ متقابل انسان با طبیعت خواهد بود.

بنابراین، جغرافیای طبیعی باید حلقه‌های تازه‌ای بسازد، یابندهای ازبین رفتهٔ زنجیر فرارونده‌های طبیعی‌را ترمیم کند ومانع بروز پی‌آمدهای نامطلوب گردد.

دومین وظیفهٔ علم این است که زمینه را برای خشکیهای بیشتر فراهم آورد. گرایشهایی که درحیات بشریت وجود داشته و امروز به‌ما قدرت آینده‌نگری بخشیده است، نشان می‌دهد که اندیشهٔ سنتی مبنی براینکه قاره‌ها شخم‌می‌خورند وکشت‌می‌شوند، درست‌نیست. تغییرجهت کشاورزی ازخشکی به‌دریا همراه با تکامل شیمی، فکر دیگری در انسان پدیدآورده است: به‌احتمال زیاد تمام قاره‌ها با جنگلهای بزرگ، مرغزارها و پارکهایی که درمیان آنها شهرها و اجتماعات وکارخانجات ساخته می‌شوند پوشانده خواهد شد. اما انتخاب زمینهای جنگلی ـ که بستگی به‌عرض جغرافیایی وآب‌وهوای منطقه‌دارد ـ کارساده‌ای نیست‌وازجمله وظایف جغرافیای‌طبیعی است که به‌مطالعهٔ این‌زمینها ونیز زمینهای ساخت دست انسان بپردازد.

پیشرفت انسان، تمامی سیاره را در حوزهٔ فعالیت او قرار داده است. فضای اطراف‌خورشید وسایراجرام آسمانی، گام‌بعدی بشریت است که‌آن را تدریجاً درمدار زندگی انسان می گنجاند.

این گسترش، بدون‌شك برتمامی‌حوزه‌های دانشی وتلاشهای عملی اثرخواهدگذاشت. علم وعمل، که انسان را به‌فضای‌خارجی کشانده است گواه بر این می‌دهد که موضوع مورد بحث یك امر طبیعی است. انسان ناگهان دریافت که پدیده‌های زمینی برای اوکافی نیستند، و از این‌رو فرارونده‌های کیهانی را از نو در روی

زمین عمل آورد. او همچنین پی به این نیاز برد که باید دماهای بسیار بالا و بسیار پائین کیهانی را بازسازی کند. خلاء، حالت رقیق شدهٔ گاز در فضای بین ستارگان، وارد صنعت شده است. صنعت ماوراء اورانیوم و سایر عناصر شیمیائی مصنوعی (تکنتیوم، پلوتونیوم و...)، که در شرایط عادی در روی زمین یافت نمی‌شوند، اکنون زاده شده است. بعضی از این عناصر در ستارگان یافت شده است. در اوایل سالهای ۱۹۴۰، پرتو رادیویی از سوی زمین به فضا فرستاده شد و باجسم آسمانی دیگری تماس گرفت، و آن رادار خبرگیری از ماه بود. بعدها ماهواره‌ها پیدا شدند که از پشت ماه و ناوهای فضایی عکسبرداری کردند.

امروز، علم موشکی اسبابهای خودکار را به فراسوی مرزهای زمین فرستاده است. این اندیشه که در آیندهٔ نه زیاد دور، انسان به سیاره‌های دیگر خواهد رسید کاملاً مورد قبول قرار گرفته است. خودکاره[1]ها راه را برای رفتن به جهانهای دیگر هموار خواهند ساخت.

و امروز، وقتی که مسألهٔ «انسان وطبیعت» مورد بحث قرار می‌گیرد، کیهان را باید درمفهوم «طبیعت» گنجاند.

بدیهی است که انسان پس از پیروزی برانرژی گرما هسته‌ای که تولید آن در اصل امکان‌پذیر است. به سیاره‌های دیگر خواهد رفت. و تصور این مسأله یك امر طبیعی است که انسان در روی

1. automat

زهره، به‌اندازهٔ خانه‌اش زمین، احساس آرامش و راحتی خواهد کرد.

انسان، آغاز به‌ساختن اولین مدلهای کیهانی بیوژنسفر کرده است. نخستین ناوهای بین سیاره‌ای. این گونه مدلها خواهند بود. هریك ازاین ناوها، سیستم کاملی خواهندبود که انواع موادگازی و آلی همراه‌دارند. درآیندهٔ نسبتاً نزدیك، مدلهای کیهانی بیوژنسفر برای مدت زمان طولانی به‌دور زمین به چرخش درخواهند آمد و سپس راهی سفر به‌سیارهای دیگر خواهند شد تا اطلاعاتی دربارهٔ ماهیت این جهانها و امکان تغییر شکل دادن آن به‌دست آورند. این امکانات وقتی قطعی خواهند بود که وجود یا عدم بیوژنسفر این سیاره‌ها معلوم باشد.

بار دیگر، به‌مسائل جغرافیای طبیعی ـ علم بیوژنسفر کرهٔ خاکی ـ باز می‌گردیم. اکنون وقت آن است که اهمیت این علم‌را درمورد کاوشهای فضایی ارزیابی کنیم. قبلاً، معلوم شده است که در هرکجای از فضاکه انسان مایل به‌سکونت باشد نیاز به‌محیطی شبیه محیط زمینی دارد، وبه‌وجودآوردن این محیط بدون شناخت کامل از بیوژنسفر زمین ناممکن است. اماآیا «درست» است که علوم‌زمینی، فضای‌خارجی‌رامورد تجاوز و تاخت‌وتاز قراردهد؟

برای‌پاسخ دادن به‌این پرسش، باید به‌گذشته بازگردیم. اثر جاودانی نیکولا کپرنیك، *De revolutionibus Orbium Coelestium* (در باب چرخش کره‌های آسمانی) که در سال ۱۵۴۳ چاپ و منتشر شد، سیستم زمین مرکزی را درهم پاشید و زمین را به‌عنوان یکی ازسیاره‌ها درجای درستش قرارداد. کپرنیك، اندیشهٔ جدید وبسیار

مهم یگانگی جهان را پیش آورد و ثابت کرد که «آسمانها» و «زمین» از قانونهای واحدی پیروی می‌کنند. این حقایق ، قرنها پیش در علم ریشه گرفت. اما امروز اگر ما به آن انقلاب جهانی که به‌دست کپرنیك آغاز شد و متفکران بزرگی چون جیوردانو برونو[1] و گالیلئو گالیلی آن را دنبال کردند فقط جنبهٔ تاریخی بدهیم کاملاً اشتباه کرده‌ایم.

از مفهوم کپرنیکی جهان، دو نتیجهٔ اصلی به‌دست می‌آید که برای علم طبیعی کرهٔ خاکی حائز اهمیت‌اند. اول اینکه، اگر زمین یك جسم آسمانی باشد که به‌دور محورش می‌چرخد، و خورشید را دور می‌زند و تابع تأثیر و نفوذ کیهانی است، باید برای مطالعهٔ آن آموخت که چگونه این عوامل را به‌حساب آورد.

اگرچه غریب می‌نماید ، تا همین چند وقت پیش، زمین‌شناسان تصور می‌کردند که زمین جسم بیحرکتی است. و از آنجایی که در پی علتهای به‌وجودآورندهٔ کوهها، درون زمین را می‌کاویدند کاملاً فراموش کرده بودند که این سیاره به‌عنوان یك جسم آسمانی ویژگیهایی دارد. در سالهای ۱۹۲۰، این اندیشه که حمله‌های قلبی رابطهٔ مستقیمی با فعالیت خورشید و در نتیجه با وضع میدانهای مغناطیسی زمین دارد، کاملاً بی‌معنی به‌نظر می‌رسید. اما امروز، بخش مهمی از علم پزشکی این مسأله را مطالعه می‌کند. به علاوه ایده‌های جدیدی دربارهٔ رابطهٔ بین تابش کیهانی و تکامل حیات در

1. Giordano Bruno

روی‌زمین، و نیز ارتباط بین‌فعالیت خورشیدی و زمین‌لرزه عنوان گردیده است. درنتیجه، فقط در روزگار ماست که کیهان تمامی حوزه‌های علم طبیعی کرهٔ خاکی را آمرانه مورد تجاوز قرار داده است.

نتیجهٔ دوم مفهوم کپرنیکی جهان می‌گوید: از آنجاکه زمین یك جسم آسمانی است، که درزمرهٔ اجسام آسمانی دیگر قرار دارد دانش ما از آن تنها نمی‌تواند محدود به‌یك مکان باشد، بلکه از یك اهمیت و ارزش کیهانی برخوردار است. به‌عبارت دیگر، اگر ما زمین را یك جسم آسمانی می‌پنداریم، حق داریم که دانش و شناخت خود را از این سیاره به سایر اجسام آسمانی، که طبیعت مشابهی دارند، تعمیم دهیم، و از راه مقایسهٔ سیاره‌هاست که می‌توانیم زمین‌شناختی خودرا بیازمائیم. پیروزی ازاین‌اصل، انقلاب کپرنیکی درعلوم‌طبیعی را درجهت گسترش علوم اخترزمینی[1] کامل می‌کند.

پرواز ماهواره‌ها و ناوهای فضایی، موجب پیدایش علم جدیدکیهان‌شناسی زمینی[2] شده است. این علم دربارهٔ کنش متقابل زمین با کیهان‌مطالعه‌می‌کند، و ازهرگونه دانش وشناختی دربارهٔ زمین برای بررسی وپژوهش فضای خارجی کمك می‌گیرد.

درآینده، می‌توان علم جغرافیای طبیعی را به‌فضای خارجی بسط داد، وازپیروزیهای آن برای مطالعهٔ سیاره‌های دیگر استفاده

1. astral - terrestrial 2. geocosmology

کرد، به‌شرط اینکه بیوژنسفر زمین پدیدهٔ بی‌همتایی نباشد و نظیر آن در اجسام آسمانی دیگر وجود داشته باشد. آیندهٔ کیهانی بشریت بستگی به این مسأله دارد (به دلایل روشن، ما عملاً فقط دربارهٔ سیاره‌های منظومهٔ شمسی بحث می‌کنیم، و این مسأله بارها از نظر علمی بررسی شده است).

ماه، نزدیکترین جسم آسمانی به‌ما، بیوژنسفر ندارد، اما زهره و مریخ دارند. مطالعهٔ نسبی بیوژنسفر سیاره‌های گروه کرهٔ خاکی، از وظایف کلی جغرافیای اختری است. نتایجی که تاکنون از مطالعهٔ بیوژنسفر شبه خاکی به‌دست آمده نشان می‌دهد که این پدیدهٔ پیچیدهٔ طبیعت تنها در روی یك سیاره مطالعه شده است.

بسیاری از مسائل دیگر، به‌هنگام بررسی بیوژنسفر اختران از نظر جغرافیایی حل خواهد شد. اگر طبیعت هم زمانی دوره‌های سرد زهره، مریخ و زمین به‌اثبات برسد، معلوم خواهد شد که دوران یخبندان روی زمین نتیجهٔ عوامل کیهانی بوده است:

احتمال زیاد می‌رود که دگرگونی عظیم محیط جغرافیایی زمین، با مرحله‌های اولیهٔ بازسازی محیط طبیعی سیاره‌ها تطبیق کند؛ در آن صورت «تجربهٔ» زمینی به‌طرز گسترده‌ای در فضای خارجی پیاده خواهد شد.

مدل کیهانی بیوژنسفر، به‌معنی وسیع کلمه، باید فقط در روی ماه ساخته شود، زیرا در روی این سیارهٔ بیوژنسفر به‌طور طبیعی به وجود نیامده است. از آنجا که در روی ماه محافظت از خلاء تابشهای فضایی، شهابسنگها و دماهای کم و زیاد. امری ضروری است. تنها

راه قابل‌تصور برای به‌وجود آوردن مدل بیوژنسفر، پیش‌بینی آن در جایی زیر پوسته سخت سیاره یا در اعماق این پوسته است. این مدل، شباهت زیادی به ناوهای فضایی خواهد داشت، یعنی سیستم کاملی از مواد گوناگون مورد نیاز خواهد بود. همچنین برای زهره و مریخ، ایجاد کردن مدل بیوژنسفر لازم نخواهد بود، بلکه آنچه در روی این سیاره‌ها احتیاج است «تولید کردن» محیط طبیعی آنها به حد کرهٔ خاکی است.

آیا می‌توان در وضع فعلی پروژه‌ای برای تغییر دادن شرایط طبیعی سیارهٔ دیگر، مثلاً زهره پیشنهاد کرد؟ هنوز خیلی زود است. اطلاعات ما دربارهٔ اجسام آسمانی دیگر خیلی ناقص است، اگرچه حدس و گمانهایی زده شده است.

اگر ما از نقطه نظر تئوری، بتوانیم مدلی از شرایط کرهٔ خاکی را در روی سیارهٔ دیگری پیاده کنیم، منطقی‌تر این است که از «تجربهٔ» خود زمین استفاده کنیم. زندگی گیاهان زمینی، جو آن را دگرگون کرده‌اند. «تجربهٔ» کرهٔ خاکی راه تغییر دادن شرایط طبیعی در روی زهره را نشان می‌دهد: برای این تغییر باید گیاهان زمینی را به آنجا برد، و همین گیاهان هستند که ترکیب جو زهره را تغییر می‌دهند.

در پس این اندیشه‌ها منطقی وجود دارد، اما در حال حاضر بیشتر این ایده‌ها را افسانه‌های علمی به‌خود اختصاص داده‌اند. تا زمانی که زهره به‌طور کامل و دقیق مطالعه نشده است، بحث کردن دربارهٔ پروژه‌های علمی مبنی بر تغییر شرایط طبیعی این سیاره، بی‌مورد است.

درمورد سیاره‌های دیگر، انسان حکم ناظری را دارد که اسبابهای خودکاررا برای این‌مقصود به‌کارمی‌گیرد و ازخبرهایی که این خودکاره‌ها به‌او می‌دهند، اطلاعات جمع می‌کند.

آیابرای پژوهشهای کیهان شناختی‌زمینی حدی وجود دارد؟ خیر. علم‌برای مطالعهٔ سیاره‌های منظومهٔ شمسی، به‌دانش وشناخت زمین‌تکیه خواهدکرد. وبرای‌مطالعهٔ سیاره‌های‌خورشیدهای دیگر، از دانش مربوط به منظومهٔ سیاره‌ای خورشید ما استفاده می‌کند و باردیگرآن را درپهنهٔ بیکران فضای خارجی می‌آزماید. این بدان معنی است‌که روزی علم‌کیهان شناسی زمینی، شالوده‌های علمی را برای سکونت انسان درفضای خارجی بنیاد خواهدگذارد.

از: م. آگرست، آکادمیسین
(*M. Agrest, Academician*)

در جستجوی جهان‌های دیگر

۴

پروژهٔ موشک‌های فوتونی

درنتیجهٔ سیر تکامل طبیعی حیات، پیشرفت چشمگیری درتمدن روی زمین به‌وجود آمده است. منابع نیرومند وتازه‌ای از انرژی کشف شده و به‌طرز گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. انسان توانسته است با به کار گرفتن آخرین روش‌های تکنولوژی، موشک‌های نیرومندفضایی بسازد و آنهارا برای جستجو و کشف اسرار ناشناختهٔ گیتی روانهٔ فضا سازد.

آن روزی که برای نخستین بار در تاریخ، سفینه‌های فضایی آدمیان‌را به‌مریخ وزهره ببرند، دورنیست. پرواز موشکها به‌دیگر جهان‌های اختری درآیندهٔ دورتری امکان‌پذیر خواهد شد.

برای رسیدن به‌جهان‌های اختری بسیار دور باید موشک‌هایی ساخت که بتوانند با سرعت‌های فوق‌العاده زیاد پرواز کنند. به‌طوری که محاسبات نظری نشان می‌دهد برای این مقصود می‌توان از جریان ذره‌های اتمی که سرعتی نزدیک به‌سرعت نور دارند به‌

جای‌نیروی محرکهٔ موشکهای فضایی استفاده‌کرد. انتظار می‌رود که موشک‌هایی‌نظیر موشک‌های‌یونی یافوتونی در آینده‌ساخته‌شود.

آیا فکر می‌کنیدکه انسان می‌تواند با اختراع چنین موشکی به جهان کائنات و دنیای اسرارآمیز اختران و ماورای منظومهٔ شمسی برسد؟

در نظر اول ممکن است تصور شود که ستاره‌نوردزمینی با موشک‌های فوتونی خواهد توانست فقط بخشی ناچیز از گیتی را بکاود. حتی‌نزدیکترین ستاره‌ـیعنی ستارهٔ قنطورس‌ـدرفاصلهٔ‌عظیمی برابر با ۴/۳ سال‌نوری از زمین ما قرارگرفته است. اما فاصلهٔ ما از مرکز کهکشان راه شیری نزدیك به ۳۰٫۰۰۰ سال نوری و تا اجرامی‌که خارج ازکهکشان‌ما، اما درفاصلهٔ نسبتاً دوری‌هستند، مثلا تا ستاره‌های ابرآندرومدا، از یك میلیون وپانصد هزار سال نوری بیشتر است. به این ترتیب به‌نظر می‌رسد که عمر انسان فقط برای‌پرواز به‌نزدیکترین ستاره کفایت‌می‌کند وبخش‌اعظم کهکشان از دسترس او به‌دور می‌ماند.

پیروان مکتب خوش‌بینی معتقدند که انسان در آیندهٔ نزدیك راه سفر به‌جهان‌های دوردست را پیش خواهد گرفت و خیلی از رازهای کشف نشدهٔ گیتی را فاش خواهد ساخت. گفتهٔ ک.ـ تسیولکوفسکی[1] پدر موشکی شوروی: هرچه امروز ناممکن است فردا

۱. Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky (۱۸۵۷ - ۱۹۳۵) فیزیکدان روسی.

ممکن خواهد شد ، قوت قلبی برای آنهاست.

می‌دانیم که اصول کار موشکها بر پایه نیروی عکس‌العمل است. به‌این معنی که گازهای سوخته شدهٔ ناشی از احتراق، با فشار زیاد ازعقب موشك خارج می‌شوند وموشك رابه‌جلو هدایت می‌کنند. اما حرکت موشکهای فوتونی براساس نیروی عکس‌العمل نور است. وسرعت نور بالاترین سرعتی است که درطبیعت وجود دارد (حدود ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر درثانیه). به‌این‌ترتیب، ناو فضایی فوتونی سرعتی نزدیك به‌سرعت نورخواهد داشت. و اینجاست که توجه‌ما به‌سوی «فوتون» این‌ذرهٔ انرژی‌زا جلب می‌شود وتنها بااین‌سرعت های خیلی زیاد است که گذشت زمان درموشك کندتر از گذشت زمان در روی کرهٔ زمین خواهد بود[1] و عمر انسان کفاف سفر به جهانهای دور دست را خواهدکرد.

اماشکاکان‌می‌گویند، «اگرانسان به‌چنین‌سرعت‌های‌ماورای تصور دست یابد چه‌خواهد شد؟»

باید گفت، «دورنماهای جالب وشگفت‌انگیزی پدیدار می‌شوند و ستارگان به نظر عجیب می‌آیند. با زیاد شدن سرعت، ستارگان زرد رنگ به‌رنگ سرخ درمی‌آیند. برخی از ستارگان مانند نورفانوس، به‌رنگ سرخ دیده می‌شوند و دیگران کاملاً تیره می‌نمایند. با جلو رفتن، اختران آبی رنگ به‌رنگ بنفش متمایل می‌شوند وما ستارگان فروسرخ[2] را که برای زمینیها نامرئی‌اند به

۱. اگر سرعت موشك نزدیك به‌سرعت نور باشد حرکت‌آن تابع قوانین مکانیك کلاسیك نیوتن نبوده واز قوانین مکانیك نسبی اینشتین پیروی می‌کند .ـم.

2. Infrared.

چشم خواهیم دید.»

شکاکان باز می‌پرسند، «با شهابسنگها چه خواهید کرد؟»

«برای این نباید نگران بود. زیرا ماپرده‌ای در نظر گرفته‌ایم که سنگهای آسمانی باآن برخورد می‌کنند و قطعات بزرگتر را با سلاحهای پرتوی از بین خواهیم برد.»

«اما فکر نمی‌کنیدآن ذره‌ای که جرمش یك میلی‌گرم است و با سرعتی برابر ۸/. سرعت نور با ناو فضایی برخورد می‌کند می‌تواند یك تن‌آهن را به‌راحتی تبدیل به‌بخار کند، و به‌نظر شمااز این پرده یا سپر کاری ساخته است؟»

«آری. زیرا پردهٔ ما یك پردهٔ الکتریکی است که ذره‌ها و غبارهای کیهانی رایونیزه کرده‌وتوسط میدان‌های مغناطیسی منحرف می‌سازد.»

«گذشته از غبارهای کیهانی؛ آیا می‌دانید که در هرسانتیمتر مکعب از فضا، یك اتم هیدرژن وجود دارد، و پروتونهایی که با سرعت نزدیك به‌سرعت نور حرکت می‌کنند قادرند از این سفینهٔ فوتونی بگذرند؟» باید اضافه‌کنیم که این همانندآن است که در اتاقك یك شتاب دهندهٔ پروتونی نشسته باشیم. فکر نمی‌کنیدکه‌شما طرح یك‌کپسول مرگ را را ریخته‌اید نه‌یك ناو فضایی را؟»

«خیر، به‌هیچ‌وجه این‌طور نیست. زیرا پروتونها را می‌توان بامیدان‌های مغناطیسی منحرف کرد. وما وسائل حفاظتی را از قبل

پیش‌بینی کرده‌ایم.»

بحث و جدال بین خوشبینان و شکاکان ادامه می‌یابد. اما مسأله به‌همین‌جا ختم‌نمی‌شود؛ پرواز به‌اختران‌دوردست و اجرامی که‌کمتر بررسی شده‌اند درزمرهٔ وظایفی به‌شمار می‌آیدکه‌درآیندهٔ نه‌چندان دور صورت واقعیت به‌خود خواهدگرفت.

زندگی در جهانهای دیگر

چنانچه از نظریه‌های عمومی معاصر برمی‌آید به احتمال نزدیك به‌یقین‌می‌توان تأییدکردکه وجود زندگی‌درروی‌کرهٔ زمین‌درتمامی گیتی استثنایی نیست.

علاوه‌براین، به‌موجب‌خیلی ازپایه‌های علمی‌موجود، احتمال داردکه دربعضی ازکهکشانها تعداد بسیار زیادی سیاره باشدکه در روی آنها پیدایش و تکامل موجودات زندهٔ هوشمند امکان داشته است.

براساس‌آخرین پژوهشها، ستارگان متعلق به‌طبقهٔ طیفی«G»[1] که‌ده‌درصد تمام‌ستارگان‌کهکشان ما راتشکیل‌می‌دهند، وخورشید نیز جزوآنها به‌شمار می‌رود، به‌احتمال قوی دارای منظومه‌های

۱. ستارگان طبقهٔ طیفی «G» ستارگان نوع خورشید منظومهٔ ما هستندکه دمای سطحشان نزدیك به ۶۰۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد است ـ م.

سیاره‌ای‌اند. وظاهراً درمیان این‌منظومه‌ها سیاره‌های‌زیادی‌وجود دارندکه از لحاظ شرایط فیزیکی به‌کرهٔ زمین ما شباهت دارند، و می‌توان فرض کردکه در آنها زندگی شبیه زندگی زمینی است.

به‌طور کلی، تکامل حیات درنقاط مختلف گیتی ممکن است به‌شکلهای گوناگونی باشد. اما تردیدی نیست که بعضی از جهات این تکامل درهمه‌جا بایدیکسان ومانند تکامل حیات درروی زمین باشد. از آنجاکه حیات موجودات هوشمند و به‌طورکلی حیات، نیاز به‌صرف انرژی دارد، پس تکامل آن درهمه‌جا بـاید درجهت تکاپوی منابع مختلف انرژی پیش برود. به‌این ترتیب، با درنظر گرفتن این نکته‌که ساختمان وخواص ماده در سراسرگیتی یکسان است، این تکامل باید در همه‌جا به‌کشف وبهره‌برداری از انرژی درونی اتم منجرگردد.

به‌همین دلیل می‌توان ادعاکردکه موجودات هوشمند در هر کجاکه باشند خواهندکوشید تا برنیروی جاذبـهٔ سیارهٔ خود پیروز گردند. این‌گونه تکامل علم درسایر جهانها وهمچنین درسیارهٔ مـا سرانجام به‌ساختن موشکهای کیهان‌پیما می‌انجامد. بنابراین، می‌توان اظهار عقیده‌کردکه در این منظومه‌ها مدتهاست‌که از نیروی درونی اتم استفاده می‌شود و ساکنان آنها پروازهای دور ودراز کیهانی انجام می‌دهند.

اکنون این پرسشها پیش می‌آید: آیا در میان پروازهایی‌که کیهان نوردان سایر اجرام آسمانی انجام داده‌اند پروازی هم به منظومهٔ شمسی‌ما صورت گرفته‌است؟ آیا موجوداتی ازسایرکرات

آسمانی به زمین آمده اند و آیا از اقامت خود در زمین اثری بر-جای گذاشته‌اند؟

تجزیه و تحلیل آثار باستانی و همچنین حفاریهای جدید در بخشهایی از زمین، با شیوه‌های معاصر و تجزیه وتحلیل فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های به‌دست‌آمده‌ممکن است کلیدی برای‌پاسخ‌دادن به‌این پرسشها باشد.

درحال‌حاضر، ما از تمدنهای خارج از سیارهٔ خود چیزی نمی‌دانیم، اما از روی الگوی تمدن زمینی دیده می‌شود که زمان لازم برای عروج تمدن تا ترازی که در آن انجام پرواز به‌سایر ستارگان ممکن گردد (دهها هزار سال)، نسبت به‌زمان تحول سیاره (چند میلیارد سال) فوق‌العاده کم است. بنابراین، این فرض که درطول چندمیلیون سال اخیر موجوداتی ازکرات دیگربه‌زمین آمده‌اند قابل‌قبول است. هربارپس ازآمد وشدها می‌بایست آثاری ازآنها بر روی زمین باقی‌مانده باشد. اگر چنین آمد و شدها در دوران تاریخی انجام شده باشد باید انتظار منطقی داشت که این واقعه در اساطیر و افسانه‌ها وهمچنین دربعضی از بناهای تاریخی و پدیده‌های زمین‌شناسی منعکس شده باشد.

درحال‌حاضر، حتی‌یك‌مدرك‌هم که مستقیماً بر آمدن‌موجوداتی ازسوی سایر کرات به‌زمین‌دلالت‌کند در دست نیست. امابه‌نظرمن یك سلسله حقایقی هست که به‌طور غیر مستقیم به‌سود چنین فرضیه-هایی حکم می‌کند. هرگاه این فرضیه‌ها را بپذیریم آنگاه بسیاری از معماهای حل نشدهٔ طبیعت را، که تعدادشان به‌نسبت پیشرفت و

ترقی علوم بیشتر می‌شود، به‌آسانی می‌توان تفسیر کرد.

تصور می‌رود که کیهان‌نوردان احتمالی مدت مدیدی درروی زمین ما زندگی کرده باشند. این فرض هم قابل قبول است که آنها درطول این مدت به‌انجام یك سلسله طرحها و پژوهشها پرداخته باشند و برای برخی از مقاصد خود به عملی ساختن انفجارهای هسته‌ای احتیاج پیدا کرده باشند. ممکن است که این انفجارها را به‌منظور آزمایش، یا پیش از رفتن از زمین برای مدفون کردن بقایای سوخت هسته‌ای انجام داده باشند کیهان‌نوردان پس از انجام برنامهٔ پژوهشهای خود، زمین ما را ترك کردند و ضمناً ممکن است که آنها یکی از ساکنان سیارهٔ ما را باخود برده باشند. بدون تردید، این واقعه تأثیر شدیدی در اذهان عمومی باقی گذاشته و ازنسلی به‌نسل دیگر منتقل گردیده است.

در اینجا این پرسش پیش می‌آید : چرا از آن ستاره‌ای که کیهان‌نوردانش بنا به‌فرضیه ما یکبار به‌زمین آمده‌اند دیگر سفینه‌ای به‌سیارهٔ ما نیامده‌است؟ شاید برای کیهان‌نوردانی که ازمناطق دور-دست کهکشان به‌زمین آمده‌اند سیارهٔ ما و همچنین منظومهٔ شمسی ما به‌طور کلی در میان تعداد بیشمار منظومه‌های متشابه، امتیازی نداشته و شاید به‌همین علت برای مسافرت مکرر به‌آن علاقهٔ خاصی ابراز نشده است.

این مطلب را به‌صورت دیگری هم می‌توان تفسیر کرد. فرض کنیم کیهان‌نوردانی که به‌کرهٔ زمین آمده بودند از ساکنان جهان دوردستی هستند که وقتی چندهزارسال پیش سیارهٔ مارا ترك کردند

تاکنون همچنان در راه بازگشت به سوی منظومهٔ سیاره‌ای خود هستند. ضمناً یادآوری این نکته مهم است که حساب زمانی در سفینهٔ کیهان‌پیما با حساب زمانی در روی زمین تفاوت دارد. به این ترتیب، کیهان‌نوردان و همچنین «فرزند انسان» که آنها باخود برده‌اند درطی این مدت به‌اندازهٔ هزارها سال پیر نشده‌اند.

بسته به سرعت حرکت سفینه، آنها زمان بازگشت خود را ده سال یا شاید چندین سال تخمین می‌زنند. اما برای زمینیها چند هزار سال طول می‌کشد تا این مسافران یا کیهان‌نوردان دیگری از همان ستاره موفق شوند برای بار دوم به‌سیارهٔ ما پرواز کنند.

تحقیق دربارهٔ صحت واقعیت مسافرت، موجوداتی ازکرات دیگر به زمین، گذشته از اینکه دارای اهمیت بزرگ علمی است، برای تمدن زمینی ما اهمیت شگرفی خواهد داشت و امکان دارد موجب جهش چشمگیری در تکامل تمدن گردد.

از: د. بلوخین تسف
(D.Blokhintsev)
عضو پیوسته آکادمی علوم شوروی

در آستانهٔ اکتشافهای جدید در فیزیك

۵

همان‌گونه که تلسکوپها به‌ژرفای گیتی نفوذ می‌کنند، در فیزیك اتمی نیز شتابگرهای ذره‌ای جهانهای تازه‌ای از ذره‌های بنیادی و ضد ذره‌ها می‌گشایند. این جهان راهنگامی به‌چشم می‌بینیم که پروتونهای شتاب یافته با انرژی شگفت‌انگیزی هدف را بمباران می‌کنند، هدفی که خود دارای پروتون است. فیزیکدانان این عمل را «اثر متقابل شدید» نام نهاده‌اند. زمان این اثر متقابل، ده‌میلیون بار کوتاهتر از زمان حرکت مداری الکترون در اتم است. درنتیجهٔ این عمل، مادهٔ نوکلئونها ـ ذره‌های تشکیل دهندهٔ هسته ـ تحریك می‌شود، با سرعت فوق‌العاده زیادی می‌گریزد و طوفانی از جهان بسیار کوچکها برجای می‌گذارد.

فیزیکدانان، توانسته‌اند از مسیر حرکت این مادهٔ جدید عکسبرداری کنند و جرم و بار الکتریکی و انرژی آن را اندازه بگیرند. آنها پی‌برده‌اند که این ماده از ذره‌های متنوع زیادی که شامل نوکلئونها ـ نوترونها یا پروتونها ـ و هیپرونهاست درست شده،

که ذره‌های سنگین و کم دوامی هستند، و به‌عقیدهٔ گروهی از دانشمندان این ذره‌ها باید همان نوکلئونهای تحریك شده باشند. بعد از آنها، ذره‌های دیگری وجود دارند که جرمشان بین جرم نوکلئونها و ذره‌های سبك است و آنها را مزونها می‌نامند. دست آخر، با ضد ذره‌ها روبرو می‌شویم. به‌طورخلاصه، از اثر متقابل شدید، سری کاملی از ذره‌ها به‌وجود می‌آید.

بسیاری از «اعقاب» نوکلئونها، عمر کوتاهی دارند و به آبشاری از ذره‌های جدید تجزیه می‌شوند. وقتی‌که این آتشبازی می‌سوزد و از بین می‌رود، ذره‌های پایدارتری مثل پروتونها، الکترونها ونوترونها، که طول عمر بیشتری دارند برجای می‌مانند.

درسالهای اخیر، رویدادهای بسیار مهمی دربرکلی، دوبنا، مسکو و سایر مراکز علمی جهان به وقوع پیوسته است. طی آزمایشهایی‌معلوم‌شده است که این‌تصادمهای ذره‌ای تولیدذره‌های نامکشوف دیگری می‌کنندکه عمر خیلی‌کوتاهی دارند؛ عمری که حدود صد برابر زمان تصادم است.

این ذره‌های کوتاه عمر را ذره‌های همنوایی[1] نامیده‌اند. تعداد آنها بسیار زیاد وخواص متنوعی دارند. بعضی از آنها را می‌توان آرایشهای ساخته شده‌ای ازچند مزون ـ پی (Pi) پنداشت که درمدت زمان کوتاهی به‌صورت یك ذره درآمده‌اند. این ذره که در منطقهٔ دوبنا کشف شده است می‌تواند به‌چهار مزون ـ پی

1. resonance — particles

تجزیه شود.

امروز، فیزیک نظری درچهارچوبی از اصول نسبیت و نظریهٔ کوانتوم روبه‌گسترش است. آیا این اصول برای ساختن نظریه ذره‌های بنیادی کافی‌اند، یا فیزیک نظری نیازمند انقلابی نو و اصولی ژرفتر است؟

برای پاسخ دادن به‌این پرسشها، خود را در وضع ضد و نقیضی می‌یابیم. مسأله این است که درشرایط فعلی تکنیک اندازه‌گیری، فیزیکدان تجربه‌گر جای هیچ‌گونه‌بحث وجدالی‌را درزمینهٔ نظریه‌کوانتوم و نسبیت نمی‌بیند.

ازطرفی، او کاملاً حق دارد اظهارنظر کندکه اصول اساسی نظریهٔ معاصر محدود هستند. این نظریه، خواص ذره‌های آزادی را که اثر متقابلی برهم ندارند بیان می‌کند، اما نمی‌تواند اثر متقابل کمی را تخمین بزند. همچنین، قادر به‌این نیست که طبیعت متنوع ذره‌ها و خواصشان را توصیف کند.

اثر متقابل الکترومغناطیسی ذره‌ها را می‌توان کم و بیش حساب کرد. اما حتی دراین حالت ساده هم محاسبات ریاضی به نتیجه‌ای نامفهوم می‌انجامد ـ جرم ذره‌هابه‌سوی بی‌نهایت میل می‌کند. فیزیکدانان نظری، محاسبات ریاضی ویژه‌ای انجام داده‌اند و با این بی‌نهایتها به‌مبارزه برخاسته‌اند.

درهرحال، بسط وتوسعهٔ تکنولوژی اثرمتقابل شدید ذره‌ها، بامشکلات حل‌نشدنی روبرو شده است. فرارونـد تصادم نوکلئونها ـ که دربالا به‌آن اشاره شد ـ مولد ذره‌های متعدد ومحاسبات ریاضی

پیچیده‌ای است.

چند سال پیش که نظریهٔ روابط پراکندگی و نظریهٔ رگی از فیزیکدان جوان ایتالیایی ت. رگی[1] عنوان گردیدند، روزنهٔ امیدی برروی علم فیزیك گشوده شد.

این نظریه‌ها بسیار پیچیده‌اند. بنابراین، اگر فیزیکدانان اظهارمی کنندکه هنوزسرگرم مطالعهٔ نظریه‌های جدید هستند ونمی‌توانند پاسخ قانع کننده‌ای دراین‌باره بدهند نباید تعجب کرد. شالودهٔ نظریهٔ روابط پراکندگی، توسط فیزیکدان امریکایی م. گلدبرگ[2] وآکادمیسین شوروی ن. بوگولیوبف[3] ریخته شد. بوگولیوبف، برای حل این مسائل از روش ریاضی مبتکرانه‌ای کمك گرفت. با استفاده ازنظریهٔ روابط پراکندگی که بستگی به‌خواص تحلیلی توابع ریاضی دارد، نتایج مهمی به دست آمد که با اثر متقابل مزونها و نوکلئونها ارتباط داشت.

ای. پومرانچوك[4] عضو پیوستهٔ آکادمی علوم شوروی، موفق شد روابط مهمی بین فراروندهای گوناگون ذره‌ها وضد ذره‌ها پیدا کند. ازآن طرف، و. گریبوف ازلنین گراد شوروی، با موفقیت تمام ایده‌های رگی را (که برای ذره‌های کم انرژی بـه کار رفته است) به‌حوزهٔ انرژیهای بالاکشاند. براین اساس، فیزیکدان جوان مجارستانی، ج. دوموکوکز[5] از دوبنا، محاسبات ارزنده‌ای در

1. T. Regge 2. M. Goldberg 3. Bogolyubov
4. Pomeranchuk 5. G. Domococz

مورد ساختمان وپراکندگی ذره‌ها انجام‌دادکه صحت آنها ازراه تجربی ثابت شده است.

نظریهٔ رگی، اصولاً مسألهٔ پراکندگی ذره‌های پر انرژی را بررسی می‌کند. اما پرسشی‌که پیش می‌آیداین است‌که چگونه این ذره‌های پرانرژی ـ که روی هم اثر متقابل دارند ـ پس از تصادم منحرف می‌شوند و زاویهٔ انحرافشان چقدر است؟ قبلا، در مورد ذره‌های مختلف وفراروندآثار متقابل بین‌آنها توضیحی داده‌نشده بود. اما اکنون نظریهٔ رگی این اجازه را بما داده است که از داده[1]های مربوط به‌وجود ذره‌ها شروع کنیم و به‌نتایجی‌که از این فراروندها به‌دست می‌آید برسیم. به‌بیان دیگر، برای‌کشف کیفیت پراکندگی ذره‌ها و پیش‌بینی انواع تازه‌ای از ذره‌های همنوایی تلاشهایی‌آغاز شده است.

اخیراً، دانشمندان مؤسسهٔ پژوهشهـای اتمی دوبنا، مفهوم تازه‌ای‌که براساس‌پایه ساختمان‌نظریه‌های رگی ومفهومهای نظریه میدان‌کوانتومی معاصراست، پیاده‌کرده‌اند. این‌مطالعات منجر به بررسیهای زیادی در شوروی وکشورهای دیگر شده است.

نتایج تجربی نظریهٔ روابط پراکندگی و نظریهٔ رگی، اکنون در شتابگرهای ذره‌ای به‌اثبات رسیده است.

نگرشگران، اکنون به‌آیندهٔ «نظام پراکندگی» و«رگیستیك» می‌نگرند. آیا اینها واقعاً نظریه‌های تازه‌ای‌اند، یا نمایندهٔ زبان

1. data

جدیدی هستند؟ شاید موفقیت این نظریه‌ها موقتی یا جزیی باشد. متخصصان برجستهٔ علوم نظری جهان، این مسألهٔ بنیادی را در کنفرانس فیزیك‌پرانرژی که در ژوئیه ۱۹۶۲ در ژنو تشکیل‌شدمورد بحث قرار دادند. فیزیکدان امریکایی ج. چو، و گروهی دیگر از دانشمندان اظهار داشتند که مفهوم تازه‌ای برای جهان بسیار کوچکها کشف‌شده وتنها چیزی که باقی‌مانده توسعه‌دادن آن‌است. اما آیا این بنیادها ژرفتر خواهند رفت؟

برای نشان‌دادن این‌وضع‌مشکوك، اسلایدی ازدونفرباستان‌شناس که در صحرا سرگرم حفاری بودند به نمایش گذارده شد. ناگهان گوشه‌ای از یك بنای تاریخی در زیر بیلچه‌های آنها دیده می‌شود وکتیبه‌ای به‌چشم می‌خورد که روی آن این عبارت نوشته شده: «این ممکن است بزرگترین کشف قرن باشد، اما پرسش این است که تا کجا پائین می‌رود؟»

ظاهراً، نظریه رگی زیاد پیش نخواهد رفت. بسیاری از فیزیکدانان از جمله پرفسور هایزنبرگ[1]، که یکی از بنیادگذاران نظریهٔ کوانتوم است به‌آن خرده‌گرفته‌اند.

باید اضافه‌کنیم که اصول نظریه قدیمی ـ مکانیك کوانتوم و نسبیت ـ ثابت باقی‌می‌مانند. اما آیا می‌توانیم با استفاده ازسلاحی قدیمی به‌دنیای تازه‌ای راه پیدا کنیم؟

نسل کهنتر فیزیکدانان که در دورهٔ حرکت انقلابی نظریهٔ

۱. Werner Karl Heisenberg. فیزیکدان آلمانی. (۱۹۰۱ـ)

فیزیکی و پیدایش نسبیت و مکانیك کوانتوم رشد کرد، بیشتر از هرچیز به‌این اندیشه تمایل دارد که بدون آگاهی عمیق از مفهومهای اساسی فیزیك نمی‌توانیم وجود جهان بسیار کوچکها را درك کنیم. از این پایه فکری چنین بر می‌آید که نظریه‌های «رگیستیك» و «نظام پراکندگی» فقط زبان تازه‌ای هستند، شاید خیلی مناسب برای انقلابی نو در فیزیك اما نه خود انقلاب.

تجزیه و تحلیل نشان داده است که مشکلات بنیادی نظریهٔ معاصر، نتیجهٔ مستقیمی از بنیادی‌ترین مفهومهای آنند، که تجانس و ایزوتروپی مکان و زمان ساختهٔ فکر اینشتین و مینکوفسکی[1] از اینگونه‌اند.

به این ترتیب، جستجو برای اندیشه‌های نو ادامه دارد و ارزنده‌ترین کلام باید ادا شود.

خوشبختانه، فیزیکدانان نظری کشورهای گوناگون، درپی یافتن راههای تجزیه و تحلیل ژرفترین مفهومهای نظریهٔ معاصر هستند.

این دقت در جایی است که انسان باید انتظار یك انقلاب واقعی را در فیزیك نظری نوین داشته باشد.

۱. Herman Minkovsky (۱۸۶۴-۱۹۰۹). ریاضیدان روسی-آلمانی که استاد آلبرت اینشتین بوده است. - م.

از: آنسمیونوف، آکادمیسین
(*A. Nesmeyanov, Academician*)

آینده‌اندیشی و آینده‌شناسی

٦

«من می‌خواهم به‌قرن آینده سفر کنم وتصویری از آن، با توجه به آنچه‌که با مفهومهای نوظهور امروزی انجام خواهد شد، به‌دست آورم. شکی نیست که دربارهٔ جالبترین ترقیات علم و تکنولوژی جدید، یعنی چیزی که بسیار با اهمیت و سودمند است، تبلیغات فراوانی شده است. ازسوی دیگر، این یك رؤیای علمی، یاتجربهٔ اندوخته شده‌ای‌است ازپیش‌بینی‌تکامل علم با احتساب مدت‌زمانی دراز. واین همان چیزی است‌که بی‌تردید هم امیدوار کننده است و هم مهم.

«برای بیان‌حقیقت، لازم‌نیست‌که همیشه تمایل به‌تخیل داشته باشیم، با وجود این‌به‌تخیل‌رفتن‌گاهی ضروری است. بدون‌تخیل، چشم‌اندازی نیست. بدون تخیل، هرانسانی و هردانشمندی به حال ایست درمی‌آید. اما کار خلاقه ودرجا زدن با هم سازشی ندارند.

«دراینجا می‌خواهم علم درحال توسعه را با درخت بلند وپر شاخه‌ای‌که ریشه‌هایش همه‌دراعماق زمین فرورفته‌اند مقایسه کنم.

این یك نیاز طبیعی است که علم باید ثمرآور باشد. اما هرچند درخت شیرهٔ غذائیش را از زمین جذب می‌کند، نمی‌تواند بدون نورخورشید رشد کند وثمری به‌بار آورد. برای یك دانشمند، این نور خورشید اندیشه‌ای غرورآمیز، بزرگ و الهام‌بخشی است که به‌او نور و گرما و نیروی خلاقه می‌بخشد.

« هر چه سطح تکنولوژی بالاتر باشد ، برخورد اندیشه‌های ژرفتر درخت علم با صنعت بیشتر خواهد بود. اما هرچه ریشه‌های درخت پائین‌تر می‌روند، آیا تنهٔ درخت رشدنمی‌کند، وشاخه‌هایش بلندتر نمی‌شوند و به‌خورشید نمی‌رسند؟

« براساس پیروزیهای شگرف تکنولوژی معاصر ، علم باید وظایف عالی نهادتر و بلندپایه‌تری، که انجام آنها در سازندگی زیربنای جامعه تأثیر ارزنده‌ای می‌گذارد، بردوش بگیرد. مردمان ترقی‌خواه و روشنفکر همواره توجهات و کوششهای خود را به راهی درخشان و ثمربخش معطوف داشته‌اند . آ. ان. رادیچف[1]، نویسنده و فیلسوف بزرگ شوروی ، با اندیشه‌ای روشن و روحی پاك، همیشه آیندهٔ بهتری را برای کشورش آرزو می‌کرد.

«با این توانایی، مجسم کردن آینده، دست‌کم در محدودهٔ کلی امکان‌پذیراست، اما بدون آن انسان ازحل و فصل پیچیده‌ترین مسائل علمی، اقتصادی و زندگی سیاسی عاجز خواهد بود. آدمی باید خود را برای دست یافتن به این قـدرت تربیت کند. او باید

1. A. N. Radishchev (۱۷۴۹-۱۸۰۲)

بیاموزد که چگونه درتخیل فرورود و کار امروز را با مسائل فردا ارتباط دهد.

«وضع علم امروزی و میزان سرعت تکامل آن، گستاخانه‌ترین پیشگوئیهای آینده‌را تضمین می‌کند، و نویسندگان افسانه‌های علمی را پشت سر می‌گذارد. در حقیقت، بسیاری از مسائلی که امروز به دست دانشمندان حل می‌شود، به‌راستی شگفت‌انگیز می‌نمایند.

«سال ۱۹۵۷، از سالهای درخشان و فراموش نشدنی تاریخ بشریت است. یکی از اتفاقهایی که دراین سال رخداد به‌حدی بزرگ است که ما حتی امروزهم نتوانسته‌ایم ارزش و اهمیت آن‌را کاملاً ارزیابی کنیم، تنها رویدادهایی که درتاریخ بشریت می‌توان آنهارا با این رخداد قیاس کرد عبارتند از: کشف آتش، تولید نخستین آهن، اختراع موتور بخار و پیروزی انرژی هسته‌ای.

مقصود من از این رویداد بزرگ، تفوق علم و تکنولوژی شوروی درپرتاب نخستین ماهواره به‌دورزمین بود. اجسام آسمانی ساختهٔ دست انسان، که به‌فضا پرتاب شده‌اند، نشان‌داده‌اند که برای علم سودمندند. اولین آزمایشگاههای فضایی، اسرار فراوانی از یونسفر و پرتوهای کیهانی برای ما مخابره کرده‌اند، و دربارهٔ رفتار موجودات زنده در فضای بین سیاره‌ای خبرها داده‌اند.

«کار خلاقه و هوشمندانه، دچار دگرگونی و انقلاب شده‌است. این انقلاب را شاید بتوان با انقلاب صنعتی مقایسه کرد، که درطی آن ماشین جایگزین انسان گردید. من دربارهٔ حسابگرهای الکترونی صحبت می‌کنم که امروز می‌توانند درعرض چند دقیقه پیچیده‌ترین

محاسبات ریاضی را انجام دهند، که همین محاسبات قبلاً ماهها وحتی سالها وقت می‌گرفت وصدها وهزارها نفر می‌بایست روی آن کار می‌کردند. باکمك این ماشینها می‌توان تمام‌عملیات‌پیچیده کارخانه‌ها ومراکز صنعتی‌را به‌صورت‌خود کار درآورد و متنهای فنی را از زبانی به زبان دیگر ترجمه کرد ، همچنین این ماشینها می‌توانند کاری را که نیاز به‌افراد زیاد ازقبیل ریاضیدان،حسابدار ودفتردارد، آسان‌کنند. درآیندهٔنزدیك، ماشینهای شگفت‌انگیز راهنما، که می‌توانند اطلاعات گسترده‌ای را درخود جای دهند، روی کار خواهند آمد. بنا به احتیاج، واحد «خوانندهٔ برقی» این ماشین، کلیهٔ گنجانده‌های ماشین را می‌خواند، اطلاعات لازم را جدا می‌کند و پس از تجزیه و تحلیل، نتیجه‌ای که جنبهٔ سودبخشی بیشتری دارد به‌دست می‌دهد.

سالهاست‌که فیزیکدانان به‌درون‌هستهٔ اتم‌راه یافته‌اند. بهره‌برداری از انرژی واکنشهای گرما هسته‌ای در راه هدفهای صلح‌جویانه، درجریان است. هم‌اکنون‌می‌توانیم پیدایش وتکامل نیروگاههایی را مجسم‌کنیم‌که با ذخیره‌های سوختی پایان‌ناپذیر، مثل هستهٔ عناصر سبك، به‌ویژه هیدرژن وایزوتوپهایش‌کار می‌کنند.

«پیدایش ضدپروتون وپوزیترون، ضمانتی براین‌اندیشه‌است که می‌توان ضد ماده آفرید. در پیش به‌چند مسأله اشاره کردم که در سالهای اخیر حتی خیال‌کردن دربارهٔ آنها امکانپذیر نبود؛ اما امروز همین مسائل چهرهٔ واقعیت به‌خودگرفته‌اند.

«علم نمی‌تواند بدون تخیل و آینده‌نگری گسترش پیدا کند.

هر تخیل مقدم بر فرضیه‌ای است که از راه تجربه و آزمایش تبدیل به یک نظریه علمی می‌گردد. البته، مقصود من فلسفه‌بافی بی‌اساس مانیلوف[۱] نیست؛ بلکه منظورم اندیشه‌های وابسته به تکامل علم است که بر پایه پیروزیهای علمی معاصر بنا شده‌اند. تخیلات دانشمندان، در حقیقت استقرایی است برای نفوذ در حوزه‌های ناشناخته و پیش‌بینی علمی. پیش‌بینی علمی ممکن است بسیار گستاخانه باشد و در آیندهٔ خیلی دوری رخ دهد، اما همیشه باید پایه و شالوده‌ای داشته باشد.

«معمولاً، دانشمندان علاقه‌ای ندارند که تصورات خود را به‌دست دیگران بسپارند، شاید برای اینکه بهتر است کاری را اول تمام کرد و بعد درباره‌اش صحبت کرد. اما آیا فکر نمی‌کنید که حتی این تخیلات تحقق‌نیافته خیلی با ارزشند؟ اینان علائم شناخته شده‌ای برای دانشمندان هستند که راه آینده را می‌نمایانند، و چه‌بسا برای آنانی که در این راه پی‌گردی می‌کنند مؤثر توانند بود. اینان چراغ پرفروغی خواهند بود که راه علاقه‌مندان را به سرزمین علم روشن می‌سازند.

«در اینجا باید به‌این نکته اشاره کنم که نه تنها دانشمندان بلکه تمامی مردمان حق در تخیل رفتن را دارند. هر انسانی می‌تواند این قدرت را در خود به وجود آورد و پیوسته در پرورش و بسط آن بکوشد. البته، تخیلات خود به‌خود به حقیقت نمی‌پیوندند و اجرا- شدن آنها فقط با کار و مطالعه است. انسان هرگز نمی‌تواند بدون

۱. شخصیت داستان «رواح مرده» اثر گوگول نویسندهٔ نامدار شوروی.

پُرکاری، اصرارورزی وهدف، به جهان علم کشانده شود. برای اینکه بتوان به هرکار خلاقه‌ای در جهان علم دست زد و از انجام آن برآمد، باید خود را کاملاً وقف علم ساخت. جوانان، غالباً تخیلات بی‌باکانه‌ای دارند و دشوارترین چیز برای آنان تماس با امکانات واقعی جهان امروزی است. برای اینکه میوه‌ای به‌بارآید، باید تخیل با ریشه برخوردکند. اما بدتر ازهمه این است که نتوان با دید خوشبینی آینده‌را نگریست، وهدف آنچنان که باید بلندپایه وجسورانه نباشد. جوانان باید راه تصورکردن یا به‌تخیل رفتن را به‌نیکی بیاموزند ودر تحقق بخشیدن به‌تخیلات خود تلاش کنند.

□

«اکنون می‌خواهم شما را با آیندهٔ علم شیمی آلی، که حوزهٔ کارم است، آشنا کنم. این علم درحال توسعه، پیروزیهای بزرگ و وصف‌ناپذیری برای انسان به بار آورده ودر سالهای آینده نیز چشم امید بیشتری به‌آن دوخته شده است.

«در آغاز، شیمی آلی که علمی جوان واز پیوستگی شیمی «نباتی» و «حیوانی» به‌وجود آمد، تنها مواد طبیعت زنده را مورد مطالعه قرار می‌داد. اما درسالهای ۱۸۳۰، مستقلا روبه‌تکامل نهاد. نخستین پیروزی آن‌در به‌وجودآوردن موادی بودکه درموجودات زنده یافت می‌شدند. محققاً، شیمی آلی چیزی از طبیعت زنده به

عاریه نگرفت، بلکه راه خود را که راه سنتز[1] بود پیمود. به‌پیروی از این روش، شیمیدانان موفق به‌ترکیب کردن عناصر گوناگون و تهیه مواد تازه‌ای شدند، موادی که ابداً درطبیعت یافت نمی‌شوند. به‌عنوان نمونه، می‌توان ازکاپرون[2] (یك الیاف‌مصنوعی روسی)، نیترو گلیسیرین و تروتیل (مواد منفجره‌ای که در تکنولوژی کاربرد فراوانی دارند) نام برد. جانورشناسان هیچ‌حیوانی را نمی‌شناسند که پشم بدنش از کاپرون باشد، و گیاهشناسان تا بحال با گیاهی روبرو نشده‌اندکه در آوندها و دانه‌هایش آثاری از تروتیل باشد. مولکولهای این مواد، وبسیاری از رنگهای آلی که درطبیعت‌یافت نمی‌شوند، همچنین داروهای پزشکی قویتر از داروهای طبیعی و روغن موتورهای مرغوب، همه‌وهمه بادست انسان ساخته‌شده‌اند ودومین پیروزی شیمی آلی به‌شمار می‌آیند.

«اهمیت انقلابی این‌گونه ترقیات چشمگیرتکنولوژی را می توان باآوردن مثالی از تاریخ صنعت مواد رنگی، نشان داد. در نیمهٔ اول قرن نوزدهم، مردم پوشاك خود را با رنگهایی که صرفاً ریشهٔ نباتی یا حیوانی داشتند رنگ می‌کردند. در این مورد، لباسهای آنها کوچکترین فرقی با لباسهایی که مصریها یا رومیهای عهد باستان برتن‌می‌کردند، نداشت. اما امروز، همهٔ رخت ولباس ما فقط با رنگهای مصنوعی رنگ می‌شوند.

۱. Synthesis. ترکیب مصنوعی، به‌دست‌آوردن جسمی از طریق شیمیایی وبه وسیله ترکیب‌کردن عناصر متشکله. ـ م.

2. Capron.

«روزگاری، مناطق پهناوری اززمینهای قابل کشت دراروپای مرکزی، به‌کاشتن رناس که از ریشهٔ آن رنگ قرمزطبیعی تهیه می‌شود، اختصاص داده شده بود. تهیهٔ آلیزارین، که مادهٔ مولد این رنگ بود، فقط در دوره‌های گذشته بود و امروز جای آن را فراوردهٔ بهتری که شباهتی به‌نوع طبیعی ندارد گرفته است. همین وضع برای موادی مثل نیل و وسمه و گیاهان دیگری که مولد این قسم مواد رنگی بوده‌اند رخ داده است. بدون شك، می‌توان ادعا کرد که برای محصول گیاهان مولد لاستیك، سرنوشتی مشابه وجود داشته است. هم اکنون، انواع لاستیك مصنوعی به مقیاس بسیار زیادی تولید شده است که بعضی از آنها شبیه لاستیك طبیعی، و گروهی دیگر نمایشگر خواص معجزه‌آسایی هستند که ابداً نمی‌توان آنها را درلاستیك طبیعی یافت.

«بسیاری ازآدمیان، به‌انقلاب صنعتی اواخر قرن نوزدهم، که طی مدت ۲۰ سال رنگهای طبیعی جای خود را به‌رنگهای مصنوعی بخشیدند، بی‌توجه بودند. همین‌طور اکنون فقط عدهٔ انگشت‌شماری متوجه این حقیقت شده‌اندکه بسیاری ازمواد طبیعی که در زندگی روزانه ما مورد استفاده قرارمی‌گیرند، پیوسته و به مقیاس وسیعی به‌مواد مصنوعی تبدیل می‌گردند.

«بیشتر آنچه که آدمیان را درگذشته به‌تصورات دور ودرازی واداشته‌است، اکنون چهرهٔ واقعی پیدا کرده‌است، و فانتزی دیروز به‌واقعیت امروزی تبدیل شده است. الیاف مصنوعی که به‌خدمت امور روزانهٔ ما درآمده، کاملاً بی‌توجه مانده‌است. وقتی که انسان

پیراهنی از ابریشم مصنوعی برتن‌می‌کند، به‌ندرت یاد تغییر وتبدیل اعجاب‌آور چوب درخت صنوبر به‌الیاف نازك وظریف می‌افتد. الیافهای مصنوعی خالص که‌از مواد گوناگون به‌دست می‌آیند و کوچکترین رابطه‌ای با طبیعت زنده ندارند، جالب توجه‌ترند، کاپرون، نایلون، پلی‌کلروینیل وبسیاری الیافهای زیباتر، قویتر و بهداشتی‌تر از الیافهای طبیعی، هم اکنون به مقدار فراوان در تهیه فراورده های متنوع، لباس و پا افزار به‌کار می روند. شاید شنیده باشید که اخیراً در شوروی از الیافی به نام «آنید» پوست بخارای مصنوعی درست کـرده اند. پوست خز مصنوعی اینك به جای نوع طبیعی‌اش‌قرار گرفته و چرم مصنوعی‌جانشین‌چرم طبیعی شده است.

«من تردیدی‌ندارم که درآینده الیافهای طبیعی، چرم‌وپوست جانوران، مانند رنگهای طبیعی جای خود را به مواد مصنوعی خواهندبخشید. درحال حاضر، شیمیدانهـا الیافهایی تهیه می‌کنند که خواصشان به مراتب عالیتر از خواص الیافهای طبیعی است.

« بدون هیچ‌گونه تردید، در قرن آینده آدمیان از پوشاکی استفاده خواهندکرد که‌از الیافهای مصنوعی‌درست‌شده، کفشهایی بپا خواهند کرد که از چرم مصنوعی تهیه شده و کت و نیم تنه‌ای برتن خواهند کرد که از پوست خز مصنوعی عمل آمده است؛ خلاصه‌آنچه که پیرامونشان‌رافراگرفته‌همه وهمه از موادمصنوعی خواهند بود.

« ما بیشتر از موادی استفاده می‌کنیم که در طبیعت یافت

نمی‌شوند خودنویس ، شانه ، جعبهٔ رادیو و کلیدهای برق همه از پلاستیک درست شده‌اند. «حتی دیرینه‌ترین» کاشفان ، در سفرنامه‌های خود اسمی از صخره‌های پلاستیکی ، تنه‌های پلاستیکی درختان یا شاخ پلاستیکی جانوران نبرده‌اند. به عبارت دیگر ، انسان هرگز این ماده را به‌تقلید از طبیعت نساخته است. مادهٔ پلاستیکی ، خواص خیلی بهتری نسبت به مواد طبیعی دارد ، و نیازهای ما را به نحو احسن برآورده می‌سازد ؛ به‌همین دلیل است که تدریجاً تمام آنها را از میدان بدر می‌کند.

« تمامی دورانهای تاریخ فرهنگ مادی انسان ، از زمانی نامگذاری شده که انسان از ماده اصلی استفاده کرده است ، و این در مرحلهٔ ویژه‌ای از تکامل او بوده است. روزگاری ، سنگ تراش‌خورده یگانه ابزار بشربود. دوره‌ای از زندگی بشریت را که هزاران سال به درازا کشیده شد ، عصر سنگی نامیدند. به دنبال عصر سنگی ، عصر مفرغ و آنگاه عصر آهن پیش آمد. اگر دورهٔ تاریخی را کنار بگذاریم ، به طور قطع می‌توان ادعا کرد که اکنون وارد عصر مواد ساختگی ، یعنی عصر پلاستیکها شده‌ایم.

«پلاستیکهایی به‌نیرومندی فلزات ، جای این عناصر را گرفته‌اند. و انواعی از آنها که مانند پلاتین در برابر اسیدها و قلیائیها مقاوم هستند ساخته شده‌اند. امروز ، از پلاستیکها در مجسمه سازی استفادهٔ زیادی میشود و بزودی جای سنگ مرمر را خواهند گرفت. در اتوبوسهای برقی جدید ، که مردم روزها در

خیابانهای شهر می‌بینند ، شیشه‌های معمولی سیلیسی کـه از عصر فنیقیها برای ما بجای مانده جای خود را به شیشه‌های آلـی که به مراتب سبکتر و شفافترند و نور ماوراء بنفش را از خود عبور می‌دهند ، بخشیده‌اند . زیبائی و خاصیت ارتجاعی پلاستیکها ، سرانجام چوب پـرداخت شده را به کنار خواهند زد. قسمتهای داخلی اتوموبیلها، به‌جای چوب از پلاستیک ساخته شده است. روی‌همرفته ، اگر نگاهی به قرن آینـده بیفکنیم شاید به‌زحمت چیزی پیدا کنیم که از پلاستیک ساخته نشده باشد و مواد طبیعی در آن بکار رفته باشد.

□

«آنچه تا بحال گفتم همه در بارهٔ پیشرفتهای شیمی آلی بود که روشهای آن برای موجودات زندهٔ طبیعت ناشناخته‌اند. درپیش به این حقیقت اشاره کردم که شیمی آلی در همان آغاز تکاملش، حساب خود را با طبیعت جدا کرد. حتی در به‌وجود آوردن موادی که در طبیعت یافت مـی‌شوند مسیر خود را دنبال کـرد ، و از روشهایی که طبیعت به کمك آنها این مواد را می‌آفریند بهره‌ای نگرفت. با وجود این، طبیعت همواره موادی می‌سازد که روش تهیهٔ آنها بسیار سریع و ساده است . کافی است که کار دستگاه هاضمه‌مان را به‌خاطر آوریم که غذا را بصورت «پاره‌های کوچك» ساختمانی وبنیادی در می‌آورد و ترکیب سلولهای بدنمان را تأمین می‌کند ، و از این «پاره‌های کوچك» است که پیچیده ترین مواد ماهیچه، استخوان و بافتهای عصبی ساخته می‌شوند.

نتیجه

به این ترتیب، ما با مرحله‌های اساسی زیر در تاریخ شیمی آلی سنتتیك روبرو هستیم. مرحلهٔ اول، تهیهٔ موادمصنوعی موجود در گیاهان و حیوانات، و با کمك روشهایی که برای طبیعت ناشناخته‌اند. مرحلهٔ دوم، تکامل انواع نامحدود موادی است که در طبیعت یافت نمی‌شوند، که طبعاً این مواد از طریق مصنوعی تهیه می‌شوند. مرحلهٔ سوم(که اکنون وارد آن شده‌ایم)، تهیه مواد موجود در موجودات زنده و با کمك روشهائی که طبیعت زنده از آنها بهره می‌گیرد، و آنها را راههای آنزیماتیك نامیده‌اند. وبالاخره مرحلهٔ چهارم (تماماً در آینده خواهد بود)، استفاده از این روشهای آنزیماتیك برای تهیه مواد تازه‌ای خواهد بود که در طبیعت یافت نمی‌شوند.

«در حال حاضر، گفتن اینکه این راه و روشهای پیموده نشدهٔ شیمی آلی به‌چه نتایج عملی خواهند انجامید، کار دشواری است، اما ما شاهد رویدادهایی بزرگتر از آنچه من امروز نشان داده‌ام خواهیم بود. پیروزی براسرار دانه‌کلروفیل وتغییر و تبدیلهای بین سلولی‌موجودات زنده، بی‌شك موجب‌پیدایش تکنولوژی‌تهیه‌مواد غذایی مصنوعی خواهد شد، این خود ازمیزان مواد غذایی طبیعی امروزی، چه ازنظر کیفیت وچه ازنظر سودمندی‌وجذب وترکیب آنها در بدن تجاوز خوهد کرد. انسان، راه و روش بهره‌برداری از انرژی خورشید را، به‌مراتب سودمندتر از راهی که گیاهان انتخاب کرده‌اند خواهد آموخت.

از: ای. باردین، آکادمیسین
(*IvanBardin Academician*)

تغییر وتبدیل عناصر ـ آیندهٔ متالورژی*

دربارهٔ نویسنده:

آیوان باردین(Ivan Bardin)، آکادمیسین نامی فرهنگستان علوم شوروی، که هفتاد وچند سال از عمرش می گذرد، دریك خانوادهٔ نسبتاً فقیر به‌دنیا آمد وخانواده‌اش هرگز اورا به‌تحصیلات عالی تشویق نکردند. اما خاله وشوهر خاله‌اش که یکی معلمه ودیگری دانشجوی دانشگاه بود، اورا به‌خدمت علم گماشتند. زندگی بارـ دین بسان سرگذشت مردان خود ساخته است.
پس از فراغت از تحصیل در مدرسه عالی، چون نتوانست کاری در روسیه پیداکند به‌امریکا مهاجرت کرد ودر آنجا به‌صورت کارگر ساده مشغول به‌کارشد، چراکه در امریکاهم درجه مهندسی بدردش نمی‌خورد. پس از مدتها کار، به‌روسیه بازگشت واین بار با انرژی و پشتکار بیشتری همکاری خود را با م. کوراکو[1]، متالورژیست معروف، آغاز کرد. سپس آتش انقلاب بزرگ اکتبر پیش‌آمد و زندگی او را به‌دو قسمت کرد. پس از انقلاب، باردین به سمت سرپرست ساختمان کارخانهٔ ذوب‌آهن کوزنتسك[2] که از معظم‌ترین

* metallurgy. فن استخراج وذوب فلزات، فن پرهیختن وقالبگیری فلزات واستخراج فلزات.ـم.

1. M. Kuraku 2. Kuznetsk

صنایع اتحاد جماهیر شوروی است مشغول به کار شد. او زندگی خود را وقف پژوهشهای علمی کرده است و جز توسعه و تکامل بخشیدن به‌صنعت ذوب‌آهن، هدفی نداشته است.

۷

«کلیه علوم، از جمله مطلق‌ترین و نظری‌ترین آنها، به سبب نیازهای عملی آدمی پیدایش یافتند. علم‌نجوم زاییده شدزیرا انسان به‌تقویم‌دقیق‌و روشهای صحیح‌دریانوردی نیازمند بود. وعلم‌هندسه به‌این‌خاطر به‌وجود آمد که‌کشتکاران ناگزیربودند زمینهای زراعتی خود را اندازه‌گیری کنند. اما علم فلزشناسی احتمالاً همیشه یکی ازعملی‌ترین علوم بوده است.

«این علم، هزاران سال پیش که انسان فقط ازفلزات کمیاب و دست نخورده استفاده می‌کرد، به‌وجود آمد. وبعدها انسان راه استخراج فلزات را از سنگهای معدنی فراگرفت. هنوز هم از این روش پیروی می‌کند؛ زیرا متدهای جدید تهیه فلزات از سنگهای معدنی، یکی از مهمترین مسائل کنونی این علم را تشکیل می‌دهد. بنابراین، می‌بینیم که باگذشت‌هزاران‌سال ازپیدایش‌علم فلزشناسی،

نیروی آن تحلیل نرفته است.

«پرسشی که در اینجا پیش می‌آید این است که آیا می‌توانیم با اطمینان قاطع ادعا کنیم که تکنولوژی پذیرفته شدهٔ تولید فولاد، که فلز اساسی مهندسی زمان ماست، بهترین تکنولوژیهاست؟

«این فرارونده تکنولوژیکی، به‌این ترتیب کار می‌کند: سنگ معدنی آهن از کارخانهٔ تغلیظ به‌سوی کورهٔ بلند[1] می‌رود و در آنجا با کك مخلوط می‌شود و حرارت می‌بیند. در این محل، آهن با کربن احیا و اشباع شده و فراوردهٔ حاصل، یعنی چدن یا آهن خام[2] به وجود می‌آید. این آهن خام، سپس در کوره‌های مخصوصی ذوب می‌شود، کربن آن سوخته و آزاد می‌گردد و شمش فولاد به‌دست می‌آید. پیش از فرستادن شمشهای فولاد به‌زیر غلطکهای سنگین ماشینهای نورد، باید آنها را چندبار حرارت داد.

«اما چرا ما نمی‌توانیم تمام فرارونده‌های مصرف‌کنندهٔ برق و نیروی انسانی را، که واسطه‌ای بیش نیستند، از این تکنولوژی خارج کنیم، و از سنگ معدن مستقیماً فولادی با ترکیب معین و به‌شکل فراوردهٔ آماده که ممکن است ریل، ناودانی، میل‌گرد یا تیرآهن باشد به‌دست آوریم؟ چرا نباید فرارونده متناوب امروزی را به فرارونده پیوسته‌ای تبدیل سازیم؟

«من فکر می‌کنم که ما قادر به‌این کار هستیم و باید آن را انجام دهیم. آیندهٔ متالورژی بدون شك تکنولوژی کنونی را دگرگون

1. blast furnace 2. pig iron

خواهدساخت. کوره‌های بلند مدرن، کوره‌های تهیه فولاد زیمنس-مارتین، کنورتورهای بسمر، ماشینهای عظیم‌نوردکه همه‌ابزارهای مهندسی امروزهستند، باروی‌کارآمدن‌مهندسی فردابه‌کنارخواهند رفت.»

«البته، نباید انتظار داشته باشیم‌که‌کوره‌های بلند فعلی تا ده سال‌آینده جای‌خود را به‌سیستمهای جدیدتولیدآهن‌خالص ببخشند. فراروندکورهٔ بلند هنوز از بین نرفته است وآمادگی برای اصلاح وبهترسازی دارد، چه‌بسا امروزدست به‌ساختمان‌کوره‌های جدید-تری می‌زنند و این‌کار تامدت زمان درازی همچنان ادامه خواهد داشت. حتی امروز، کورهٔ بلند کارخانهٔ بسیار پیچیده‌ای است که مجهز به‌تعداد بیشماری دستگاههای خودکار است، و توسط چند کارگرمتخصص کنترل‌می‌شود. درآینده، کوره‌های‌بلندمطلقاًخودکار خواهند بود و کارآنها به‌وسیلهٔ حسابگرهای الکترونی، که طبق برنامهٔ صحیحی عمل می‌کنند وتمام اختلافها و انحرافها را زیر نظر می‌گیرند. کنترل خواهد شد.

«درآیندهٔ نزدیك، فلز مورد نظر به‌وسیلهٔ فراروند پیوسته‌ای تولید خواهدشد. کوره‌های بلند، مرتباًآهن‌خام تولید خواهندکرد، اگرچه امروز هم یك‌کورهٔ بلند ۲۰۰۰ تن آهن خام در روز تولید می‌کند. درکوره‌های‌آینده، اکسیژن بافشار بر روی چدن مذاب دمیده می‌شود وشعلهٔ سوزانی از روی حوضچهٔ‌مذاب، که فراروند درآن‌صورت‌می‌گیرد، برمی‌خیزد. این‌شعله، کربن‌اضافی، گوگرد، فسفر وتمام مخلوطهایی راکه‌به‌کیفیت فولاد صدمه می‌زنند باخود

می‌برد. دیری نمی‌گذرد که به‌جای آهن‌خام، جریانی از فولاد روان می‌شود و از آنجا روانهٔ قالبهای ماشینهای ریخته‌گری مداوم می‌گردد. شمشهای فولاد، به‌محض خارج شدن از ماشینهای ریخته‌گری، به‌سوی غلطکهای ماشینهای نورد می‌روند و به‌شکل فراورده‌های آماده درمی‌آیند. این فرارونـد تکنولوژیکی پیوسته را می‌توان خیلی راحتر از فرارونـد متناوب امروزی، به‌سیستم خودکار مجهز کرد.

«ساختمان کورهٔ بلند. احتمالاً تغییراتی پیدا خواهد کرد، اما این تغییرات در آیندهٔ خیلی نزدیك نخواهد بود. دستگاهی کـه فلز در آن احیا می‌شود چیزی شبیه یك لولهٔ گردان بزرگ است. پودر سنگ معدن تصفیه شده ـ اکسید فلزی بدون هیچ گونه مخلوط اضافی ـ از یك سر وارد لوله خواهد شد و از سر دیگر گاز احیاکننده‌ای، مثلاً، هیدرژن وارد می‌شود. با این فرارونـد تکنولوژیکی، می‌توان فلز را به‌صورت پودر ریز درآورد و سپس با اضافه کردن عناصر آلیاژی دوباره آن را ذوب کرد یا بلافاصله تحت پرس قرار داد.

□

«هرچیزی در این جهان عمری دارد. می‌گویند که لاك‌پشت‌ـ آبی ۳۰۰ سال عمر می‌کند، درحالی‌که طول عمر اسب به‌زحمت به ۳۰ سال می‌رسد. فلزات هم «طول عمری» دارند. البته، طـول عمر فلز بستگی به‌شرایطی دارد که تحت آن شرایط کار می‌کند. فلزی

که درکارد غذاخوری به‌کار رفته است به‌مراتب بیشتر از فلزموتور هواپیما، عمر می‌کند؛ چراکه کارد تحت فشارهای خیلی سبکتری است وتغییرات داخلی درساختمان آن بسیارکند رخ می‌دهد. این وضع درست مشابه لاك‌پشت کندروئی است که می‌تواند ۳۰۰ سال عمرکند. اما درمورد موتور هواپیما، وضع کاملاً فرق دارد. یك موتور هواپیما، خیلی سریعتر از تندروترین اسبها خسته و فرسوده می‌شود. درقلب‌موتورهواپیما، یعنی‌سیلندرها، انفجارهای‌شدیدی به‌میزان صدها یا حتی هزاران بار در دقیقه رخ می‌دهد. موتور، پیوسته درحال حرکت، ارتعاش و جنب وجوش است. بنابراین، این واقعاً یکی از بزرگترین پیروزیهای علم متالورژی است که توانسته است طول عمر متوسط فلزاتی راکه امروز در موتورها و ماشینها به‌کار می‌روند به۳۵ سال برساند.

«اما آیا طول عمر فلزات درآینده افزایش خواهد یافت؟ محققاً بلی! طول عمر فلز خیلی زیادتر از طول عمرکنونی‌اش‌خواهد بود. آیا تیغهٔ شمشیر دمشقی‌که فلزآن با یك لایه اکسیدی پوشانده شده، می‌تواند صدها سال‌عمرکند؟ البته این فلز، باراه و روشهای صنعتی و در کوره‌های بلندی که تحت فشار زیاد گاز و شرایط نامطلوب امروزی کار می‌کنند به دست نیامده بود. اما ما باید تلاش کنیم فلزی بسازیم که مرغوبیت آن‌کمتر از فولاد گرانبهای دمشقی پیشینیان نباشد.

«مسلماً، فولادهای‌آلیاژدار امروزی، مثل فولاد ضدزنگ، خیلی بیشتر ازفولاد دمشقی عمر خواهندکرد، اما این‌مسأله یك‌راه

حل تکنولوژیکی کاملاً متفاوتی دارد: فولاد دمشقی خالی ازهر-گونه کرم، نیکل یا فلزات دیگری است که تقریباً ۲۵ درصد ترکیب فولادهای ضد زنگ جدید را تشکیل می‌دهند.

«لازم به گفتن نیست که فولاد، فلز بنیانی مهندسی معاصر است. اما آیا هنوز وقت آن نرسیده که این فلز مقام قهرمانی خود را به فلزات دیگری تسلیم کند؟ اما غالباً این طور تصور می‌شود که مس، فلز مهندسی برق، یا آلومینیوم، فلز هواپیماسازی، یا حتی تیتانیوم، که فلز جوان و حیرت‌آوری است و ازهرنظر با فولاد رقابت می‌کند، مقام فولاد را درصنایع بزرگ و عرصهٔ تکنولوژی بربایند. عقیدهٔ کلی براین است که عصر آینده، عصرمس (آیاالکتریسیته شاخه‌های تازهٔ فرهنگ انسانی رامورد تاخت‌وتاز قرار نخواهد داد؟)، عصر آلومینیوم (فلزی که تقریباً درهمه جای طبیعت یافت می‌شود، و مانند مس هادی الکتریکی خوبی است و به‌نیرومندی فولاد است و در هواپیماسازی فلز سودمندی است)، یا عصر تیتانیوم خواهد بود.

«من شخصاً فکر نمی‌کنم که درصدسال آینده، اشکالی ازنقطه نظر تولید فولاد وجود داشته باشد. البته، تولید و اهمیت پاره‌ای ازفلزات غیرآهنی، به‌سرعت‌روبه‌فزونی است. با این حال، فولاد نیزبه‌مقدار بسیار زیادتری تولید می‌شود. ونظر به‌اینکه آهن ۹۵/۵۶ درصد وزنی کلیه فلزاتی راکه درسال ۱۸۸۰ تولید می‌شدند تشکیل می‌داد. ۶۰سال بعد، یعنی درسال ۱۹۳۹، که صنعت برق وهوانوردی تکامل چشمگیری پیدا کرد، سهم فولاد درتولید کلی فلزات فقط ۹۴/۰۶

درصد بوده. به‌عبارت دیگر، فولاد درطی ۵۰ سال حدود ۱/۵ درصد از وضع خود عقب‌نشینی کرده است.

«اما فلزاتی مانند آلومینیم، منیزیم، مس، تیتانیوم وزیرکونیوم[1]، محققاً نقش مهمتری برعهده خواهند داشت. این مسأله به‌ویژه درمورد تیتانیوم وزیرکونیوم صادق است. معمولاً گمان می‌رود که این دو فلز از عناصر کمیاب باشند، و این چیزی است که دست کم درمورد تیتانیوم درست نیست، زیرا یکی ازفراوانترین عناصر شناخته شده است و ۰/۶ درصد قشر زمین (از نظروزنی) را تشکیل می‌دهد. تیتانیوم، فلزی بسیار نیرومند (دو برابر قدرت فولاد) و نسبتاً سبك (خیلی سبکتر از فولاد) است.

«تیتانیوم. خاصیت فوق‌العاده با ارزش دیگری دارد، وآن مقاومتش دربرابر خوردگی[2] است. اسیدها، قلیائیها ونمکها روی آن بی‌تأثیرند. حتی اگرسالهای زیاد درآب دریا بماند به هیچ‌وجه اکسیده نمی‌شود. تیزآب سلطانی[3] که مخلوطی از اسیدنیتریك و اسیدکلریدریك است، و فلزاتی چون طلا و پلاتین نمی‌توانند در برابرآن تاب بیاورند، برروی‌تیتانیوم بی‌تأثیراست. ازنظرپایداری شیمیایی، تیتانیوم «مقاومتر» ازگرانبهاترین فلزات است.

«تیتانیوم، مقاوم حرارتی فوق‌العاده خوبی است. در ۱۷۲۵ درجهٔ سانتیگراد ذوب می‌شود، که این درجهٔ ذوب حدود ۲۰۰ درجه بالاتر از نقطهٔ ذوب فولاد است. بنابراین، همین خواص

1. zirconium 2. corrosion 3. aqua regia

هستند که تیتانیوم را رقیب سرسخت و «خطرناک» فولاد کرده‌اند. در حقیقت، تولید تیتانیوم که درسال ۱۹٤٦ آغاز شد، باسرعت شگفت‌انگیزی فزونی داشته‌است. درسال ۱۹٤۸ فقط ده‌تن تیتانیوم استخراج گردید، درصورتی که در ۱۹۵٤ این رقم به ۷۲۰۰ تن افزایش یافت و درسال ۱۹۵۵ به‌مرز ۲۰۰۰۰ رسید.

«قبلاً با این حقیقت روبرو شدیم که عمر فولاد ۳۵ سال است. اکنون باید اضافه کنیم که فراورده‌های ساخته شده از تیتانیوم و زیرکونیوم سالهای سال عمر خواهند کرد. یعنی عملاً جاودانی خواهند بود. ازطرفی، وزن این فراورده‌ها خیلی سبکتر از فراورده‌هایی است که از فولاد درست می‌شوند.

سرنوشت تیتانیوم بسان سرنوشت آلومینیوم است. شیمیدانها، اخیراً به‌آن دست یافته‌اند. اکسید تیتانیوم خالص، که پودر سفید‌رنگ بلور شکلی است، نخستین بار در سال ۱۷۹۰ به‌دست آمد. برای تهیه فولاد نقره‌ای رنگ درخشان، که حاوی چندگرم تیتانیوم فلزی بود، ۱۲۰ سال وقت لازم بود. از زمانی که تیتانیوم به‌طریقهٔ صنعتی تولید شده، به‌زحمت ۱۰ سال می‌گذرد، اما امروز آن را فلز آینده می‌دانند و پیش‌بینی می‌شود که کاربرد گسترده‌ای در صنایع هواپیماسازی، توربینهای گازی، موشکهای فضایی و رشته‌های گوناگون مهندسی داشته باشد.

«اکنون می‌خواهم مسألهٔ دیگری را عنوان کنم، و آن روش جدید عمل آوردن فولاد به‌منظور بهتر کردن خواص مکانیکی آن است. روشهای قدیمی عمل آوردن فولاد عبارتنداز: سخت کردن،

نرم کردن فولاد آبدیده به کمك حرارت و سرد کردن ملایم آن، تابان‌دن[1] فولاد، سمانته کردن و ازت دادن و کار مکانیکی سرد. آزمایشها نشان می‌دهد که روش جدید عمل آوردن فولاد با تابشی از جریان نوترونها، بزودی به دسته عملیات فوق اضافه خواهد شد. وقتی که فولاد را با این روش عمل می‌آورند، خواص کاملاً نو، بی‌سابقه و حیرت‌آوری پیدا خواهد کرد. در آیندهٔ نسبتاً نزدیك مقدار تابش نوترونها، روش تاباندن آنها بر فولاد و نیز ساخت دستگاههای ضروری مشخص خواهد شد.

«ما در عصر اتمی زندگی می‌کنیم. انسان بر پیوندهای ذره‌های بنیادی هستهٔ اتم، که خیلی ژرفتر و مهمتر از باندهای ضعیف و ناپایدار اتمهای عناصرند، پیروز شده است. کامیابیهایی که نصیب تکنولوژی اتمی شده است کاربردی در علم متالورژی خواهند یافت.

اصولاً، من فکر می‌کنم که انسان با کمك نفوذهای رادیو اکتیو و بی‌آنکه نیازی به افزودن عناصر کمیاب و گران‌قیمت باشد، دست به ساخت فولادهای آلیاژی خواهد زد، اما این کار مستقیماً در پاتیلهای فولاد مذاب که حاوی اتمهای آهن، کربن و شاید گوگرد و فسفر و عناصر دیگر باشد، صورت خواهد گرفت. روش عمل به این ترتیب است که پانیل پرشده از فولاد مذاب به راه می‌افتد. سپس برای مدت چند ثانیه درمقابل ماشینی که شباهت به ماشین درمان

1. annealing

تومورهای بدخیم دارد می‌ایستد. در این موقع یك‌ظرف سربی که دارای منبع تابش رادیواکتیو است برروی پاتیل برگردانده می‌شود، وپیچیده‌ترین واکنشهای هسته‌ای درمحیط‌مذاب وتحت‌تأثیر تابش پرتوها رخ می‌دهد. پس ازچند دقیقه، فولاد به‌داخل قالبها ریخته می‌شود اما این‌بار ترکیبش با قبل فرق دارد. ترکیب فلزطی چند روز بر اثر تأثیر رادیو اکتیویته خود فلز تغییراتی درساختمان فولاد بوجود می‌آورد.

«شاید ما بتوانیم درآینده، باتغییردادن ساختمان هستهٔ اتمی عناصر و تغییر و تبدیل مصنوعی عناصر، سنگهای معدنی عناصر پراکنده و کمیاب تولیدکنیم. رشتهٔ جدید صنعتی متالورژی تابشی که وظیفه‌اش تهیه‌عناصر شیمیایی کمیاب از عناصرمعمولی است، بوجودخواهدآمد. امابا‌وجودترقیات‌سریع تکنولوژی، متالورژی تابشی به‌زحمت‌می‌تواند تا پایان‌قرن‌اخیر به‌جهان صنعت راه یابد. و این هنوز بحثی است مربوط به‌آینده‌ای خیلی دورتر.

از: و. ودوو نکو
(V. Vdovenko)
عضو پیوستهٔ آکادمی علوم شوروی.

رادیوشیمی و زندگی

۸

پیروزی انرژی اتمی یکی از بزرگترین موفقیتهای علمی عصر ماست و رادیوشیمی، که علم نسبتاً جوانی است و بر پایه شیمی و نظریه رادیو-اکتیویته بوجود آمد، نقش مهمی در این پیروزی داشته است. برای درك علم جدید رادیوشیمی و اهمیت آن در زمان ما، قبل از هر چیز لازم است شرح مختصری دربارهٔ منشاء نظریهٔ رادیواکتیویته داده شود:

در فوریه ۱۸۹۶، آ. ا چ. بکورل[1]، فیزیکدان فرانسوی، کشف کرد که اورانیوم و ترکیباتش منابعی از تابش نفوذپذیر هستند که صفحهٔ عکاسی را متأثر می‌کند و قابلیت هدایت الکتریکی گازها را بالا می‌برد.

پیر و ماری کوری، با پژوهشهای خود، پدیدهٔ کشف شدهٔ بکورل را دنبال کردند. ماری کوری، با مشاهدات فوق‌العاده

1. Antoin Henri Becquerel (۱۸۵۲ - ۱۹۰۸)

دقیق و زیرکانه‌اش، به‌این نتیجه رسید که شدت تابش بعضی از کانیهای اورانیوم به مراتب بیشتر از شدت تابش خود اورانیوم است. به عبارت دیگر، این کانیها دارای مواد مخلوطی بودند که شدیدتر از اورانیوم می‌تابیدند. پیر و ماری، درصدد برآمدند که این مخلوط را از ماده معدنی جدا کنند. سرانجام با استفاده از روش جدید تلفیق عملیات شیمیایی با اندازه‌گیریهای کمی رادیواکتیویته. عنصر رادیو-اکتیو جدیدی کشف کردند که نام آن را پلونیوم نهادند.

بعدها عنصر رادیواکتیو دیگری، به‌نام رادیوم، کشف شد. و این آغاز علم رادیوشیمی بود. علمی که به‌مطالعهٔ خواص شیمیائی و فیزیکو شیمیایی عناصر رادیواکتیو (ایزوتوپهای رادیواکتیو) و ترکیبهای آنها می‌پردازد و روشهای جداسازی. تغلیظ و تصفیهٔ آنها را مورد بررسی قرار می‌دهد.

آکادمیسین و. ورنادسکی[1]. یکی از برجسته‌ترین طبیعیدانان شوروی. با بینشی ژرف به‌اهمیت کشف رادیواکتیویته و رادیوم در راه گسترش هرچه بیشتر فیزیك. شیمی و رادیو شیمی پی‌برد. وی در اوایل سال ۱۹۱۰. اظهار داشت که با کشف پدیدهٔ رادیواکتیویته، ما به‌منبع تازه‌ای از انرژی دست یافته‌ایم. او سپس ارزش مطالعهٔ عناصر رادیواکتیو در مواد خام شوروی را تأکید کرد. وظیفهٔ تولید رادیوم از مواد خام. به و. خلوپین[2] که سرپرستی گروهی از دانشمندان جوان را برعهده داشت، واگذار گردید. در جلسهٔ بخش

1. V. VernadsKy 2. V. Khlopin.

فیزیکو ریاضی وابسته به آکادمی علوم شوروی، که در بیست و پنجم ژانویه۱۹۲۲ تشکیل گردید، پرفسور ورنادسکی تولید نخستین رادیوم شوروی را گزارش داد.

در سال ۱۹۳۲ فیزیکدان انگلیسی جیمز چادویک[1]، ذرهٔ بنیادی جدیدی بنام نوترون را کشف کرد، و بزودی معلوم شدکه این ذره می‌تواند نقش ارزنده‌ای درتغییر وتبدیلهای هسته‌ای داشته باشد. در سال ۱۹۳٤، فردریك و ایرن ژولیت کوری نشان دادند که تغییر و تبدیل مصنوعی عناصر، غالباً موجب پیدایش عناصر رادیواکتیوی می‌گرددکه در طبیعت یافت نمی‌شوند. کشف رادیو-اکتیویتهٔ مصنوعی یکی ازویژگیهای اصلی تکامل علوم طبیعی بود.

عناصر رادیو اکتیو که از بمباران اتمهای اورانیوم توسط نوترونها تولید می شوند، مورد مطالعهٔ پژوهشگران کشورهای گوناگون قرار گرفته‌اند. دانشمندان آلمانی، هان و اشتراسمن، شکافتن هستهٔ اورانیوم را بر اثر نوترونها کشف کردند. فریش و مایتنر، براین عقیده بودندکه جذب نوترون بوسیلهٔ هستهٔ اورانیوم، گاهی اوقات موجب شکافتن هسته به دو نیمهٔ مساوی می‌گردد. و این انشقاق باآزاد شدن مقدارزیادی انرژی همراه می‌باشد. دیری نپائید که کك. پترژاك و جی. فلوروف ازشوروی، انشقاق خود-بخود هسته‌های اورانیوم به‌دو نیمه را کشف کردند.

مطالعات گستردهٔ رادیوشیمیدانها در زمینهٔ فراروندهای

1. Sir James Chadwick (۱۸۹۱-)

انشقاق هسته، منجر به‌کشف عناصر فوق اورانیوم گردید. جدول مندلیف، تولید مصنوعی عناصر جدیدی را به‌دست داد. پلوتونیوم ـ عنصر ۹۴ فوق اورانیوم ـ سوخت هسته‌ای با ارزشی است که از نظر اقتصاد ملی دارای اهمیت زیادی است.

تا سال ۱۹۳۹، رادیوشیمیدانها بیشتر روی مقادیر بسیار جزئی عناصر رادیواکتیو، که درحالت بسیار رقیقی بودند، کار می‌کردند، در حالی که ازسال ۱۹۳۹ که مسألهٔ پروراندن مقادیر زیاد اورانیوم و خیلی از عناصر دیگر عنوان شد، دورهٔ تازه‌ای در راه تکامل رادیو شیمی آغاز گردید.

رادیوشیمیدانهای شوروی، روشهای صنعتی جدیدی برای تولید عناصر شکافت‌پذیر ابداع کردند و مشکل بهره‌برداری از سوخت هسته‌ای در تولید نیروی برق را از میان برداشتند.

رادیوشیمی، برای حفظ سلامتی مردمان در برابر بقایای رادیواکتیو که درطی فرارو ندهای هسته‌ای به‌وجود می‌آیند، به‌کار می‌رود.

دانشمندان کشورهای مختلف برروی راههای بهره‌برداری از اورانیوم درشاخه‌های گوناگون اقتصادی مطالعه می‌کنند. اورانیوم در تولید رنگ ولاك الکل کاربرد زیادی دارد و در صنایع شیمیایی به‌عنوان یك کاتالیزر از آن استفاده می‌شود. از اورانیوم می‌توان به‌جای مواد اضافی و تغییردهنده، درساختن فولادهای عالی استفاده کرد. سوای این، انتظار می‌رود که در آینده ترکیبهای اورانیوم کار بردهای گسترده‌ای در ساختن اسبابهای الکترونی که در دما-

های زیاد کار می‌کنند، پیدا کنند. همچنین پژوهشهای گوناگون نشان داده است که اورانیوم می‌تواند در تصفیهٔ گازهای بی‌اثر، بیرون راندن مخلوط‌های گازی ازلامپهای خلاء وسایر اسبابهای مشابه به کار افتد. امروز، از اورانیوم ضعیف شده، در سلولهای فتوالکتریك که‌در برابرطیف فرابنفش‌حساس‌هستند استفاده می‌شود. کار برد عناصر رادیواکتیو در علـوم طبیعی دائماً روبه گسترش است، و از این عناصر برای بـررسی رشته‌های گوناگون علم و تکنولوژی بهره‌برداری می‌شود.

سودبخشی تجزیه فعال درشیمی‌آنالیتیك بسیارامیدوارکننده است. با این روش‌می‌توان در رادیواکتیویتهٔ عناصرتغییراتی داد، بسیاری از عناصر را کشف کرد و مقدار آنها را اندازه گرفت. کشف مخلوط های جزئی بـا تاباندن تابش رادیو اکتیو بـر روی نمونه و رادیواکتیو کردن عنصر ویژه‌ای امکانپذیر است.

از ایزوتوپهای رادیواکتیو در صنایع شیمیایی، نساجـی، پلی گرافیك[1] و سایر رشته‌های صنعتی به عنوان منابع تابش‌آلفا و بتا استفاده.می‌شود. پروراندن الیاف مصنوعی و فراورده‌های لاستیکی وبیرون راندن سیالهای‌آلی ازسوراخهای‌باریك، موجب اصطکاك شدیدی می‌گردد، و در نتیجه بارهای الکترو استاتیك بر روئی سطح موادی که خاصیت دی‌الکتریك دارند جمع می‌شوند.

۱. پلی‌گرافیك. رشته ای‌که تغییرات فیزیولوژیکی بدن مثل‌ضربان قلب، فشار خون و تنفس را مورد مطالعه قرار می‌دهد. ـم.

این کار موجب خطر انفجار خواهد شد و باید فوراً آن را متوقف ساخت.

نخستین آزمایشهایی که در آنها از تابش رادیواکتیو برای خنثی کردن بارهای الکترو استاتیك استفاده شده، به آغاز قرن بیستم باز می‌گردد. اما از آنجایی که در انتخاب روشهای مورد نظر می‌بایست ایزوتوپهای رادیو اکتیو قابل اطمینان و عناصر رادیواکتیو مناسب باشند، این کار نتوانست تا چند سال اخیر جامهٔ عمل بر خود بپوشاند.

کشف رادیواکتیویتهٔ مصنوعی، برتعداد ایزوتوپهایی که برای ساختن منابع رادیواکتیو مناسب هستند، افزود. در حال حاضر، برای تولید منابع آلفا و بتا که از نظر مکانیکی نیرومند و ضد حرارت هستند و می‌توانند نیازمندیهای بهداشتی کنونی را کاملاً برآورد کنند، روش تازه‌ای اختراع شده است.

در بارهٔ این منابع، آزمونهای زیادی در خیلی از مراکز صنعتی شوروی انجام شده است. آزمایشها نشان داده است که با بهره‌برداری از یونیزه کننده‌های رادیویی، می‌توان از خطر آتش سوزی جلوگیری کرد، افت تولیدی ماشینها را کاهش داد، در شرایط بهداشت کارگری بهبودی به وجود آورد و بهره دهی بعضی کارها را تا حدود ۵۰ درصد افزایش داد.

از ایزوتوپهای رادیواکتیو برای بررسی فرارونده‌های فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی ارگانیزم استفادهٔ فراوانی شده است. با بکاربردن ترکیبهای رادیواکتیو، می‌توان مسیر آنها را در ارگانیزم

رد گیری کرد، توزیع آنها را در اندامهای مختلف تشخیص داد. شرکت آنهـا را در واکنشهایی که در بافتها رخ می‌دهند کشف کرد، وسرانجام راه جذب و دفع آنها را از ارگانیزم آموخت.

رادیو تراپی، یعنی بهره‌مندی از آثار خارجی تابش رادیو-اکتیو برروی ارگانیزم، امروز سودمندترین راه درمان بیماریهای نئوپلاستیك (تومور دار) شناخته شده است. گاما - تراپی، مفتاح امیدبخش دیگری است که در عملیات جراحی استفاده‌می‌شود، و از پیشروی تومورها دربافتهای بدن جلوگیری می‌کند. از رادیوم و مزوتوریوم و فراورده‌های آنها، مدتهای زیاد برای این منظور استفاده شده است. عناصر رادیواکتیو مصنوعی (کبالت و فسفر - رادیو اکتیو) امروز کاربردهای زیادی در بیشتر رشته‌ها دارند. شدت تابش این عناصر بارها از شدت تابش رادیوم زیادتراست. همچنین، راه دیگری برای بهره گرفتن از خاصیت تابش رادیو - اکتیو وجود دارد، و آن قراردادن عنصر رادیو اکتیودرارگانیزم است.

کاربرد ایزوتوپهای رادیواکتیو، نقش بسیار مهمی در علوم زمین‌شناسی و زمین‌شیمی برعهده دارند. ازآنجا که میزان تباهی[1] رادیو اکتیو برحسب زمان مقدارثابتی است. تحت‌شرایط پیدایش زمین تغییری در آنها به وجود نیامده است. با اندازه گیری نسبت مقدار ایزوتوپ موجود با ایزوتوپ اولیه، می‌توان عمرساختمان-

1. decay

های طبیعی را حساب کرد. این روشها، برای اندازه‌گیری زمان، از کسری از ثانیه گرفته تا چند هزار میلیون سال مناسب‌اند.

روشهای رادیواکتیو که برای تعیین عمر ساختمانهای طبیعی به کار می‌روند، این امکان را به دست می‌دهند که دربارهٔ زمین‌شناسی نظری و عملی، از مسألهٔ چینه‌بندی زمین تا وظایف کنونی ما در یافتن کانیها، پایه‌های علمی استواری بنا نهیم.

ما شاهد پیشرفتهای زیادتری از رادیوشیمی در تمامی شاخه‌های علم و تکنولوژی خواهیم بود.

از: م. سادوفسکی
(*M. sadovsky*)
عضو پیوستهٔ آکادمی علوم شوروی

اسرار اعماق زمین

۹

آنهایی کـه با مسائل زمین‌شناسی آشنایی کافی ندارنـد ، زمین لرزه‌ها را پدیده‌های شگفت زمین شناختی[1] می‌پندارند. اما زلزله‌شناسان طور دیگری می‌اندیشند، چون روزانـه حدود صد زمین‌لرزه را ثبت می‌کنند. بنابراین، چیز خاصی در مـورد این زمین لرزه‌ها وجود ندارد. تنها می‌توان گفت که زمین لرزه‌های ویران کننده و فاجعه آفرین، خیلی نـادرند. سوای زمین لرزه‌ها، پوستهٔ زمین ممکن است حرکات دیگـری نیز داشته باشد. اما ایـن حرکات که بسیار کند و تقریباً غیر قابل ملاحظه‌اند، قرنها طول می‌کشند و پیشروی سالیانهٔ آنها برحسب میلیمتر انـدازه‌گیری می‌شود.

درهرحال، حرکات عادی پوستهٔ[2] زمین ـ اگرچه نامحسوس‌اند،

1. geological

۲. **crust**. پوستهٔ سخت هرچیزی راگویند. وما در این‌مقاله به‌پوستهٔ زمین‌اکتفا می‌کنیم. ـم.

چنانچه نادیده انگاشته شوند ممکن است خسارتهایی به‌بار آورند. به عنوان مثال، رویدادهای غریبی در آمریکا اتفاق افتاد: جریان گاز و نفت به دلیل نامعلومی در لوله‌های زیر زمینی متوقف شد؛ شبکهٔ آبرسانی از کار افتاد؛ برجهای برق فشارقوی کج و معوج شد. علت چه بود، خرابکاری؟ خیر، طراحی بد. موقعی که محل ساختمانی انتخاب شد، همه چیز در نظر گرفته شده بود، جز حرکت پوستهٔ زمین. یك کارخانهٔ کشتی‌سازی را آب فرا گرفت، چرا که اگر در موقع ساختن این کارخانه به نقشه‌برداران راهنمائیها و تذکرات لازم داده می‌شد، شاید هیچ‌وقت این اتفاق نمی‌افتاد. محل ساختمانی کارخانهٔ کشتی سازی بد انتخاب شده بود، و پیوسته درحال فرو رفتن بود. در بعضی از نقاط هلند که مرتب درحال نشست کردن هستند، هلندیها مجبور شده اند برای محافظت ازمنطقه‌های ساحلی و جلوگیری از آب دریا سد و خاکریز بسازند. شبه جزیرهٔ اسکاندیناوی، در ۲۰۰ سال گذشته حدود ۳ متر بالا آمده است. در فنلاند، به علت بالا آمدن خشکی از دریا، درصد سال اخیر حدود ۷۰۰ کیلومتر مربع بروسعت این کشور افزوده شده است.

چه نیروهایی سطح زمین را تکان می‌دهند، کوهها را برهم انباشته می‌کنند، دشتها را به وجود می‌آورند، شکافهای بزرگ و کوچك را حادث می‌شوند و به قاره‌ها و اقیانوسها شکل می‌دهند؟

مدتی پیش، در یك روزنامه مقاله‌ای نظرم را جلب کرد که نویسندهٔ آن با اطمینان خاطر نوشته بود که اگر پوستهٔ زمین تاعمق مثلاً ۱۰ یا ۱۵ کیلومتری سوراخ شود «اقیانوسی از آهن مذاب

اولیه» پیدا خواهدشد و بشریت به‌ثروت بیحد وحسابی‌دست خواهد یـافت. درست نمی‌دانم کـه نویسندهٔ مقاله از ساختار زمین چه تصوری داشته است. شاید مقصود او یکی‌ازآن فرضیه های رایج پیش از پیدایش نظریه کانت ـ لاپلاس بوده است.

سالها پیش، زمین‌شناسان سراسر جهان به‌این توافق رسیدند که در زیر پوستهٔ زمین هیچ نوع آهن مذاب نخستینی وجود ندارد. به هر حال، نظریه‌ای هست که می‌گوید هستهٔ زمین از آهن مذاب همراه با نیکل‌درست شده‌است. اما هستهٔزمین، نه در۱۵کیلومتری است و نه در۱۱۵کیلومتری، بلکه درعمق تقریبی ۳۰۰۰ کیلومتری واقع شده‌است. در این فاصله، غلاف[1] زمین قرار گرفته‌که به آن گوشته[2] می‌گویند، و بدیهی‌است که با سوراخ کردن زمین هرگز به‌هسته نخواهیم رسید، هرچند هسته، دسترس ناپذیر نیست.

ممکن است بپرسیدکه آیا درکاویدن پوستهٔ زمین هدفی‌نهفته است؟آری، تلاش‌هرچقدرکه ضرورت داشته‌باشد با ارزش‌است. من شمارا با یك واقعیت راز آلوده‌ای آشنا می‌کنم. زمین‌شناسان نه تنها از آنچه در زیر پوستهٔ زمین می‌گذرد اطلاعی ندارند، بلکه شناخت آنها از خود پوسته بسیار سطحی است.

عمق‌میانگین‌پوستهٔزمین ۳۲ـ۳۰کیلومتراست. ضخامت آن‌در زیر قاره‌ها بیشتر ودر زیراقیانوسهاکمتراست؛ شاید این‌فکر برای انسان پیش‌آیدکه سوراخ‌کردن زمین‌ورسیدن به این عمق به‌تلاش

1. sheath 2. mantle

کمی نیاز دارد. اما اگر چه شگفت می‌نماید، رسیدن به ماه خیلی آسانتر از حفرکردن زمین وکار کردن در عمق چند کیلو متری‌از پوستهٔ آن است. این پوسته به قشر بسیار نازکی می‌ماند که کرهٔ خاکی ما را پوشانده و کمتر از یکصدم شعاع زمین است. با این وجود، انسان هنوز یکصدم شعاع زمین را هم نکاویده است.

عمیقترین چاههای نفت وگاز، در عمق ۷ الی ۸ کیلومتری است. حداکثر عمق معادن و چاهها، که از آنها کانیهای جامد تجارتی استخراج‌می‌شود، کمتر ازسه‌کیلومتر است. باکمك‌تکنیك حفاریهای خیلی عمیق، باید آنچه را که در اعماق پائینتر از این نهفته است کشف کرد.

دربارهٔ سطح‌زمین، غالباً قصیده‌هایی گفته‌شده‌است. ودراین مرثیه غیراز شاعرها و قصه‌پردازان، دانشمندان هم سهیم بوده‌اند. اغلب گفته می‌شود که گنج معدنی زمین تقریباً تمام شده است. در موردکمبود آیندهٔ آهن وسایرکانیها صحبتهای زیادی است. مثلاً بعضیها پیش‌بینی کرده بودند که تا سال ۱۹۵۹ تمام چاههای نفت آمریکا خشك خواهد شد. دسته‌ای دیگر فکر کرده بودند که تا آن موقع شوروی باکمبود شدید زغال‌سنگ روبرو خواهد شد. شاید پیش‌بینیهای گنگ وتیره‌ای نظیر اینهابودکه رؤیای‌اقیانوس بی‌پایان آهن مذاب‌را در ذهنها زنده‌کرد.

زمین‌شناسان، ذخایر معدنی زمین را به چند دسته تقسیم کرده‌اند: مواد سهل‌الوصول، ومواد‌پوشیده یا «ناپیدا». دستهٔ اول در همه جای زمین یافت می‌شوند و ویژگیهای خاص خود دارند.

برروی این دسته ازکانیها مطالعاتی انجام گرفته، به مقیاس زیادی استخراج می‌شوند، و ذخیرهٔ آنها بزودی تمـام خواهد شد. زیرا میزان استخراج آنها مرتباً رو به‌فزونی‌است. در پنجاه سال اخیر، بشریت‌نسبت به‌تمامی‌تاریخ‌گذشتهٔ نژاد انسانی، موادمعدنی بیشتری استخراج کرده است.

درمورد ذخایر«ناپیدا»، هنوز این‌دسته مواد دراعماق رشته‌کوهها، در زیرماسه‌های‌صحرا وتوده‌های‌یخ‌غلتان‌پنهان‌مانده‌اند، ودر زیر رسوب رودخانه‌ها واقیانوسها مدفون‌شده‌اند. امامقدار مواد معدنی آنها حداقل شش برابر مواد معدنی دستهٔ اول است.

زمین‌شناسی، برای‌مدت‌زمان درازی یك علم توصیفی بود. اما اکنون قانونهایی را بررسی و وصف‌می‌کندکه حاکم برتکامل پوستهٔ زمین ومحل‌کانیهای سودمندآنند. این روزها، زمین‌شناسان قادرند اعماق‌زیادتری از زمین‌رابکاوند، ودیگرآن‌تصورات‌کور-کورانه را به‌دور ریخته‌اند. روزی‌بودکه زمین‌شناسی امکان‌کشف ذخایر نفتی دراورال‌را خیالی می‌پنداشت. واکتشاف سنگ‌معدنی آهن در حوالی کورسك[1] وبلگورود[2] را بی‌نتیجه می‌دانست. این اندیشه‌که در روسیه هم می‌توان الماس یافت، ازنظر زمین‌شناسان بی‌معنی ومسخره بود. آنهامی‌گفتند، مگر روسیه، آفریقای‌جنوبی است‌که درآن الماس پیدا شود!

با این وجود، نفت به مقدار فـراوان در اورال کشف شد.

1. Kursk 2. Belgorod.

آنسوی اورال نیز نفت‌بود. مناطق نفت‌خیز پهناوری به‌مساحت یك میلیون کیلومترمربع در زمینهای پست ناحیهٔ غربی سیبری کشف گردید. همچنین، ذخیره‌ای ازسنگ‌معدنی‌آهن با درصدآهن‌زیاد. در ناحیه کورسك کشف شده، و میلیونها تن از سنگهای معدنی کورسك‌ـبلگورود استخراج شده‌است. ذخایر با ارزشی ازسنگ معدنی آهن در ناحیه کوستانای واقع درکازاخستان شوروی، و نواحی غربی و شرقی سیبری نیز کشف شده‌اند. با این وصف، تا پیش از انقلاب، اصلاً تصور نمی‌شد که این نواحی آهنی داشته باشند. بعدها، که صنعت آهن و فولاد در سیبری ظهور پیدا کرد، تمام برآوردها براساس سنگ معدنی‌یی بودکه از منطقهٔ دوردست اورال به‌دست‌می‌آمد، زیرا هیچ‌کس فکر نمی‌کردکه سنگ‌معدنی آهن ممکن است در خود محل موجود باشد. باز هم می‌توان از ذخایر بزرگ سنگ معدنی آهن‌که درقسمت شرقی سایانی، حوضهٔ آنگارا وجمهوری بوریات‌کشف شده نام برد. جستجو واکتشاف پیوسته ادامه دارد، وجای هیچ تردیدی‌نیست که‌کارخانه‌های فولاد‌ـسازی سیبری، بزودی فقط از ذخایر محلی تغذیه خواهندکرد.

شاید عجیب باشد که ناحیه‌ای غنی از الماس در جمهوری یاکوت‌کشف شده است. باید متذکر شد که جمهوری یاکوت در قطب سرما واقع شده و دارای تعدادی کانیهای سودمند از قبیل، الماس در شمال، زغال سنگ کك‌شو[1] و سنگ معدنی آهن در

1. coking coal

جنوب وهزاران میلیون مترمکعب گاز طبیعی است.

دربارهٔ اکتشافهایی که بعدازجنگ در ازبکستان و ترکمنستان شوروی انجام شده، همه کم و بیش اطلاع دارند. نفت، گاز و دیگر کانیهای ارزشمند، ازجمله آب شیرین، دراین نقاط پیداشده است. اشارهٔ ما به آب شیرین ممکن است در اینجا کمی عجیب باشد، اما بعداً دربارهٔ آن بیشتر صحبت خواهیم کرد. فقط برای اینکه تذکری داده باشیم همین‌قدر گفته‌ای ازآکادمیسین الکساندر-کارپینسکی[1] نقل‌قول می‌کنیم: «آب، با ارزشترین کانیهاست.» هجده هزارحلقه چاه‌آب درصحراها واستپهای آسیای‌مرکزی، کازاخستان وسیبری حفرگردیده‌است. آب. برای کشت کردن بیابانها، بارور کردن‌زمینهای بکر وساختن‌شهرها و روستاهای‌جدید ماده‌ای‌اصلی وحیاتی است.

واکنون به موضوع کمبود آهن و مـواد خام معدنی باز-می‌گردیم. آکادمیسین الکساندر فرسمن[2]، که ترس از این مسأله را به‌مسخره‌گرفته بود روزی نوشت: «چنین به‌نظر می‌رسد که تهی-سازی[3] ذخایر معدنی ما موضوعی‌است که به‌گذشته‌های خیلی دور مربوط می‌شود؛ واکنون ذخایر تازه‌ای از آهن کشف شده است. ذخایر سنگهای‌معدنی‌آهن شوروی، مازاد برنیازهای‌صنعتی است. وبرای اکتشافهای جد... م پایانی وجود ندارد.»

1. Alexander Karpinsky 2. Alexander Fersman
3. depletion

پوستهٔ زمین هرگز به پایان نخواهد رسید. رسیدن بـه‌هستهٔ زمین که از آهن ونیکل درست شده برای ما به‌دلایلی غیرازکمیابی مواد خام، وسوسه‌انگیز است. آنچه ما می‌خواهیم این است که « بستر فوقانی » سیاره‌مان را با محتویاتش به دقت مطالعه کنیم، قانونهایی که زیربنای سازمانی کانیهای مفید را تشکیل می‌دهند بشناسیم، روشهای مطلوب کان‌کنی‌رابیاموزیم، و راه تولیدفلزات وکانیها را ـ اگرچه هنوز خیلی زود است ـ فرا بگیریم.

فرض کنیدکه ذخایر سنگ معدنی آهن به‌پایان رسیده است. آیا این بدان معنی است که آهن برای همیشه پوستهٔ زمین را ترك گفته است؟ ابداً!

سنگ معدنی آهن فقط به کانیهایی اطلاق می‌شودکه مقدار آهن آنها از $\frac{1}{3}$ کمتر نباشد. اما هرسنگی دارای انواع زیادی از فلزات‌است. یك کیلومترمکعب سنگ، شامل ۱۳۰میلیون تن‌آهن، ۲۳۰ میلیون تن آلـومینیوم، ۲۶۰ تن مس و ۱۳ تن طلاست. اما چگونه می‌توانیم این فلزات را استخراج کنیم؟

فکر می‌کنم پاسخ این پرسش را می‌تـوان در بررسی تاریخ آلومینیوم یافت. مقدار آلومینیوم در پـوستهٔ زمین تقریباً دو برابر آهن‌است. اما انسان از۳۰۰۰سال پیش‌ازمیلاد مسیح، برآهن‌چیره شده، درحالی که‌آلومینیوم‌برای‌نخستین‌بار درقرن‌گذشته استخراج شد. استخراج‌آلومینیوم ازپوستهٔ زمین، کار پردردسری‌است. تولید آن نیاز به‌برق فراوان وارزان دارد. آلومینیوم پس از روی کار آمدن نیروگاههای برق آبی، کـه با انرژی آب کار می‌کنند ،

پیشرفت کرد.

دربارهٔ آیندهٔ سایر کانیهای موجود درسنگها، می‌توان همین مطلب را گفت. انسان، که مقادیر نامحدودی نیروی برق باکمك نیروگاههای آبی، اتمی، خورشیدی وجزر ومدی تولید کرده‌است، بی‌شك قادر خواهد بود برفلزاتی که اکنون درپوستهٔ زمین مدفونند وتا امروز استخراج نشده‌اند، تسلط یابد وآنها را به‌کارگیرد.

آهن، برای بشریت موهبتهای فراوانی به‌ارمغان آورده‌است، وهنوز شالودهٔ فرهنگ مادی اورا تشکیل می‌دهد. حکیم پلینیوس[1] رومی گفته است، «با این ابزار، ما خاك را می‌شکافیم، درخت و بوته می‌کاریم، باغهای میوه کشت می‌کنیم، وبا بریدن جوانه‌های وحشی تاك آن‌را جوان نگاه‌می‌داریم.» این واقعیت‌داردکه انسان از آهن برای ساختن جنگ افزارها استفاده کرده است. اما، طبیعت‌را نباید برای این کارمقصردانست، وهمان‌گونه‌که پلینیوس دانا گفته است، «همهٔ گناهها به‌گردن انسان است.»

درظرف بیست‌سال آینده، شوروی چهار یا پنج برابر میزان کنونی، آهن‌خام‌وفولادتولیدخواهد کرد. امادرحال‌حاضر، فلزات دیگری هم هستندکه ادعا بررجحان آنهاست. درمیان آنها بایداز آلومینیوم‌نام بردکه ذخایرکنونی آن‌سه‌برابرآهن است، به‌علاوه، آلومینیوم سه‌بارسبکتر ازآهن وبا دوامتر ازآن‌است. آلومینیوم، نیرومندتر از آهن‌بوده وآلیاژ آن در برابر اصطکاك وگرمای‌شدید

1. Gaius Plinius Cecilius Secundus. (ب م ۷۹ -ق م ۲۳)

مقاومتر از آهن است. آلومینیوم و آلیاژهای آن، جزء لاینفک صنایع هواپیماسازی، رادیو والکترونیک و پروازهای فضایی‌اند. من احساس می‌کنم که در آیندهٔ نزدیک، صنایع مهندسی بیش‌ازپیش بر آلومینیوم تکیه خواهند کرد.

وقتی که به فلزات اشاره می‌کنیم، باید به‌خاطر بسپاریم که عصر آهن تقریباً رو به غروب کردن است. وجای آن‌را عصر شیمی، مواد ساختگی ودست آفرین انسان گرفته‌است. همچنین باید متذکر شویم که آلومینیوم فلزی، به‌صورت خالص درطبیعت یافت نمی‌شود. برای تهیهٔ آلومینیوم فلزی و آلیاژهای آن می‌توان از روشهای الکترو شیمیایی کمک گرفت. الماس و زمردمصنوعی، از پیشروان عصر آینده یعنی عصر سنتز خواهند بود.

قبلاً نشان دادیم که خطری پوستهٔ زمین را از نظر تهی شدن تهدید نمی‌کند. موضوع این است که سطح زمین از مادهٔ درونی و به‌غایت عمیق زمین، که پیوسته درحال تغییراست، جوانی دوباره می‌گیرد وبه‌ذخیرهٔ تازه‌ای دست می‌یابد. سوای سنگهای رسوبی و آذرین، زمین‌شناسان عقیده دارند که سنگهای دگرگون شده، که براثر عوامل طبیعی تغییر یافته‌اند، نیز در این فرایند سهیم‌اند. ماده‌ای که سه هزار سال پیش به پوستهٔ زمین تکون بخشید اکنون برای ما ناشناخته است، زیرا دیگر وجود ندارد، و در مورد مادهٔ اولیه‌ای که هستهٔ سیارهٔ مارا تشکیل داد همین‌مطلب نیزصادق است.

ماده‌ای که از گودترین نقاط کرهٔ زمین به سوی پوسته بالا می‌آید، شامل آهن وکانیهای دیگری‌است. اما بالاآمدن این‌ماده

و رسیدن به‌پوسته، نمی‌تواند یك فرارونده مکانیکی باشد. بلکه براثر «لرزش»[1]، مادهٔ بالارونده تغییرات زیادی پیدا می‌کند.

لومونوسف[2] راست می‌گفت که «فلزات، اجرامی هستند که از اجزاء ساده درست شده‌اند، و به‌همین دلیل نمی‌توانند اجرام ابتدایی باشند، بلکه در طی زمان به وجود آمده‌اند.» لومونوسف عقیده‌داشت که، «رگه‌های سنگ معدنی، چیزی جزشکافهای کوهها نیستند، و در این شکافهاست که انواع گوناگون کانیها و سنگهای معدنی نهفته است. در مورد سنگهای معدنی باید گفت که اینها درموقع فوران کوههای آتشین به‌بیرون پرتاب شده‌اند وسپس روی آنها را ماسه وخاکستر پوشانده است.»

طبیعی است که نظریه‌های معاصر دربارهٔ زمین‌شناسی ساختمانی، از خیلی جهات با عقاید لومونوف، نویسندهٔ رسالهٔ بزرگ «در باب لایه‌های زمین»، تفاوت دارد. اما از سوی دیگر، اندیشه‌های کنونی فقط فرضیه‌اند. البته، عبارت «کوه‌آتشین» دیگربه‌کار نمی‌رود وجای آن را فعالیت آتشفشانی گرفته است. ولی در اصل یکی است. حتی امروز زمین‌شناسان عقیده دارند که پوستهٔ زمین براثر فعالیت آتشفشانی سیارهٔ ما به‌وجودآمده است. همچنین برآورد شده که کوههای آتشفشانی زمین همه ساله حدود یك کیلومتر مکعب گدازه[3] به‌بیرون می‌پاشند. باتوجه به‌اینکه عمر پوستهٔ زمین نزدیك

1. quaking
۲. Mikhail Vasilievich Lomonosov (۱۷۱۱-۱۷۶۵) شیمیدان و نویسندهٔ روسی.
3. lava

به‌سه‌هزار میلیون سال است، پس‌خمیرمواد معدنی یاآلی برای به‌وجودآوردن خشکیها، اقیانوسهای جهان وجوّ زمین باید کافی بوده باشد. احتمالاً این‌طور رخ داده است.

فرضیهٔ منشاء آتشفشانی اقیانوسها وجوّ زمین، به‌نظر ضد و نقیض می‌آید. اما از تمام‌آتشفشانهای فعالی‌که تعدادشان به۶۲۴ تا می‌رسد، حتی وقتی‌که خاموش ودرحال‌کمون هستند، ابرهای دودگرفته‌ای به‌آسمان برمی‌خیزد. خمیر مواد معدنی یاآلی که به بیرون پاشیده شده از بخارآب وگازهای دیگر اشباع می‌شود. و تشکیل توده‌ای از این مواد را می‌دهد. مثلاً: درهٔ ده‌هزار دود، بر اثرفوران‌آتشفشان‌کاتمای به‌وجودآمد. این‌آتشفشان، مدت زیادی خاموش بوده است، اما درهٔ ده‌هزار دود هنوز می‌غرد و روزانه بیست هزار تن دود وبخار به‌هوا می‌پراکند.

اهمیت آب درحیات کرهٔ زمین به‌حدی زیاد است‌که درقرن گذشته مکتب‌فکری نوبنیادی‌به‌نام نپتونیستها[1] پدیدآمد. پیروان این مکتب‌معتقد بودندکه‌آب درزمین‌شناسی ساختمانی[2] نقش اصلی را داشته‌است. نقطهٔ‌مقابل‌نپتونیستها، پلوتونیستها[3] بودند. بحث و جدال این دو مکتب عقیدتی، مدتهاست کـه ازبین رفته است، اما هیچ ضمانتی وجود نداردکه دوباره این مباحثه پـانگیرد. نپتونیستها و پلوتونیستها، ازفرضیه‌هایی دفاع‌می‌کردندکه هنوز هیچ‌نظریهٔ علمی

1 Neptunists 2. tectonics

۳. Plutonists. دوزخیها. طبقه‌ای‌کـه معتقد بودند راز پیدایش پوستهٔ زمین مبداء آتشفشانی داشته است. ـم.

مربوط به منشاء و تکامل پوستهٔ زمین، جای آنها را نگرفته است.

آتشفشان‌شناسان، پیوسته درحال بررسی و تحقیق «کوههای آتشین»اند. آنها تکه‌سنگها و بمبهای آتشفشانی راناچیزمی‌انگارند، آتشفشانها را«تونلهای‌غول‌مانندی‌می‌دانندکه به‌زیرزمین‌می‌رسند»، وبرای واردشدن دراین‌تونلها سخت‌می‌کوشند. به‌راستی‌که‌کار این مردان مجذوب‌کننده و رمانتیك است.

ایستگاههای‌آتشفشان شناختی درسراسرجهان‌یافت‌می‌شوند، وکارروزانهٔ پژوهشگران این‌شده‌که ازدهانه‌های‌آتشفشان پائین‌می‌روند. یکی‌ازاین‌ایستگاهها. دردهکدهٔ‌کلوچی واقع‌درکامچاتکای‌شوروی است. برای مطالعهٔ رفتار این‌آتشفشان، کارکنان ایستگاه درفاصله‌های زمانی منظم به‌قلهٔ‌کوه‌کلوچفسکایا صعود می‌کنند وبا شجاعت تمام دل به‌دریایی از سنگها، گازهای گوگردی سمی و گدازه‌های جوشانی‌که در اعماق این دهانه نهفته است، می‌زنند.

هدف از این پژوهش، یافتن قانونهایی است که برفعالیت آتشفشانی حاکمند. بر اثرفورانهای‌آتشفشانی، میلیونها مترمکعب سنگ خارا که کانیهای مفیدی در بردارد به‌بیرون پرتاب می‌شود. درحقیقت، مدت‌زمان درازی است‌که ازگدازهٔ‌آتشفشانی استفاده می‌شود. مثلاً، ازگدازهٔ سخت شده می‌توان به‌جای مادهٔ خام در ساچمه‌سازی. موزائیکهای تزئینی وسیمان سنگ خارا استفاده کرد. مدتهاست‌معلوم‌شده‌که‌فورانهای‌آتشفشانی‌اگرچه‌وحشتناکند، به‌خاك جوانی و طراوت می‌بخشند، چرا که خاکستر آتشفشانی حاصلخیزی زمین را بهتر می‌کند.

نظر به‌شورو ذوق روزافزون و اندکی موفقیت، آب‌زمین‌شناسان[1] نیز به‌مطالعهٔ اثر آب برروی پدیده‌های زمین‌شناختی پرداخته‌اند. بعضی‌از آنها ازنظریه‌آبهای سطحی[2] پشتیبانی‌می‌کنند، وعقیده دارندکه‌آب سیارهٔزمین حرکت دائمی دارد و ازیك سیکل ابدی پیروی می‌کند. نقطهٔ مقابل این دسته، پیروان نظریهٔ دیگری هستندکه می‌گوید تمام آبهای طبیعی، از جمله آبهای سطحی، در درون زمین به‌وجودآمده‌اند.

بهتراست این بحث‌راکه‌کدام فرضیه‌به‌واقعیت‌نزدیکتراست، کناربگذاریم. درگذشته‌اشاره‌کردیم که‌آب‌باارزشترین کانیهاست. و ویژگیهای بیشتری ازآن باید مورد توجه‌قرارگیرد. آب‌شناسان، برآورد کرده‌اند که سیارهٔ ما را ۱۸۰۰ میلیون کیلومتر مکعب آب پوشانده که قسمت بیشتر آن در اقیانوسهاست. پرسشی که اکنون پیش می‌آید و منطقی می‌نماید این است‌که وقتی این همه‌آب در روی سطح زمین وجود دارد، هدف از جستجو برای‌آب چیست؟ درست است، امااز‌آب‌شوراقیانوس اطلس نمی‌توان برای‌آبیاری بیابانها یاتأمین آب‌موردنیازکارخانه‌های برق‌حرارتی استفاده‌کرد.

شاید عدهٔ معدودی می‌دانندکه‌ازآب چه‌کارها ساخته است. حتی یك‌آونس[3] از هرنوع فراورده‌ای، تاکنون بدون کمك آب

1. hydrogeologists

۲. vadose theory. آبهایی‌که درطبقه‌های بالاتر ازآبهای زیرزمینی قرار دارند. vadose یك واژهٔ لاتین است و«آواره وسرگردان» معنی می‌دهد. ـ م.

۳. ounce. نام‌سنگی برای‌کشیدن چیزهای معمولی‌که برابربایك شانزدهم‌پاوند یا ۲۸ گرم واندی است.ـ م.

ساخته نشده است. ذوب کردن یك تن آهن خام، نیاز به ۲۰۰ متر مکعب آب دارد. تولیدیك تن کاغذ، هزارمترمکعب آب لازم دارد. درشوروی، هر شهروند روزانه ۱۵۰ لیتر آب مصرف می کند. هیچ مادهٔ معدنی به‌اندازهٔ آب مورد مصرف ندارد.

اما، آنچه که جریان آب برای پوستهٔ زمین انجام‌می‌دهد به‌این ترتیب‌است: آب براساس سیکل ابدی خود، مقداربسیار زیادی‌مواد معدنی مفید، به‌حالت جامد یاگازی، از قبیل ید، برم، رادیوم و آهن را باخود می‌برد. وآنها را درحفره‌های‌درونی سنگها ته‌نشین می‌کند، اما کار آن به‌همین جا ختم نمی‌شود. آب، سنگها را از نظرشیمیایی وفیزیکی تغییر می‌دهد، دگرگونیهای مختلفی به‌وجود می‌آورد وموجب تکوین کانیهای‌سودمندمی‌گردد. یك زمین‌شناس جستجوگر، هیچ هم‌پیمانی بهتر ازآب معدنی سراغ ندارد. ترکیب شیمیایی و گازهای حل شده درآب معدنی، راهگشایی برای یافتن معادن‌نفت، گازهای طبیعی وسنگهای معدنی گوناگون خواهدبود.

یك امتیاز دیگر: آب برای انسان گرمای درونی زمین را همراه‌می‌آورد. دراین مورد، آبفشانها[1] وچشمه‌های‌حرارتی به‌فکر خطورمی‌کنند. آبفشانها، یگانه پاسداران آب گرم تمام نشدنی زیر-زمین هستندکه همه‌جا یافت می‌شوند.

درشوروی، نزدیك به‌پنجاه حوضهٔ بزرگ آب گرم در دامنه-های قفقاز، ازبکستان وترکمنستان وجود دارد. بزرگترین دریای

1. geysers

آب گرم زیرزمینی، اخیراً درزمینهای پست ناحیهٔ غربی سیبری کشف شد. این حوضهٔ بزرگ آرتزین، از دامنه‌های اورال تا رودخانهٔ ینیسی[1] امتداد دارد، ومساحت آن درحدود سه میلیون کیلومترمربع است. برآوردها نشان می‌دهدکه حوضه‌های آرتزین نواحی غربی سیبری، کازاخستان وسرتاسرقفقازمی‌توانند روزانه ۱۵ میلیون متر مکعب آب گرم به‌دست دهند. این انرژی برای گرم‌کردن صد شهر یك میلیون نفری کافی خواهد بود.

اکنون‌که به‌آماررو کرده‌ایم‌بدنیست بدانیدکه انرژی‌حرارتی موجود در آب گرم درونی زمین، برابر است با انرژی حاصل از تمام ذخایر زغال سنگ، نفت وگاز جهان. اگر این ثروت عظیم حرارتی روزی مهار می‌شد، بشریت به نیروی برق شگفت‌آوری دست می‌یافت.

همان طورکه می‌بینید، آب ارزنده‌ترین کانیهاست. اما با وجود اینکه کانیهای دیگر به‌مقیاس گسترده‌ای استخراج می‌شوند ومورد استفاده قرارمی‌گیرند، هنوزآب زیرزمینی‌مهار نشده‌است. بعضی‌ازکشورها، ازآب گرم‌زیرزمینی‌برای گرمایش[2] وتولید برق استفاده‌می‌کنند. مثلاً، ایتالیا دارای‌هشت نیروگاه زمین گرمایی[3] است‌که ظرفیت برق تولیدی‌آنها به ۲۶۵ هزار کیلووات می‌رسد. راه‌آهن برقی‌ایتالیا، منحصراً با این انرژی‌برق‌کار می‌کند. علاوه بر الکتریسیته، ایتالیائیها ۱۵ هزار تن فراورده شیمیایی ازآب گرم

1. Yenisei 2. heating 3. geothermal

زیرزمینی بیرون‌می کشند، که درمیان آنها می‌توان ازاسید بوریك، کلرور آمونیوم و وازلین نام برد. ظرفیت نیروگاه زمین گرمایی زلاندنو، برابربا ظرفیت نیروگاه برق آبی ولکوف درشوروی است. ایسلند، که هیچ‌نوع سوخت جامد معدنی ندارد، صاحب هفت‌هزار چشمهٔ آب گرم است. انرژی حاصل از این چشمه‌ها، برای تأمین گرما و الکتریسیتهٔ ده‌کشور، به‌وسعت ایسلند، کفایت می کند.

دانشمندان‌سیبری، توجه‌زیادی به‌مسألهٔ بهره‌برداری‌از گرمای درونی زمین دارند. درحال‌حاضر، یك نیروگاه زمین گرمایی‌عظیم درسیبری در دست‌ساختمان‌است. نیروگاههای نظیر این، باظرفیت کمتر برای‌منطقه‌های کامچاتکا و داغستان طرح‌شده‌است. وبازهم پروژه‌های چشمگیرتری بررسی و مطالعه خواهد شد. دیگر، واژهٔ «پایان‌ناپذیر» را نباید راحت به کاربرد. چشمه‌های آب گرم پارك ملی یلوستون[1] در آمریکا، دست کم مدت ۲۰.۰۰۰ سال است که آب می‌فشانند و هنوز اثری از خشك شدن آنها نیست. چشمه‌های حرارتی پیوسته ذخیرهٔ تازه پیدا می کنند وگرمایش طبیعی مرتباً به آنها می‌رسد. مسألهٔ سازوکار حرارتی پوستهٔ زمین، مدتهای‌زیادی است که زمین‌شناسان‌راگیج کرده است. خورشید، حداکثر تاعمق سی‌متری‌زمین، آن‌را گرم می‌کند، اما آبهای حرارتی ازهزارها متر عمق، که سرچشمهٔ جریان خمیر مذاب است به بیرون فوران می‌کنند. در نتیجه، نه خورشید، بلکه منبع حرارتی نیرومند و

1. Yellowstone

ناشناخته‌ای که به گرمای درونی زمین موسوم است، بوجودآورندهٔ این پدیده‌هاست.

علت اصلی حرکت چینه‌های زمین و همچنین دریاهای گرم زیرزمینی، همین گرمای درونی است. با این طرز تفکر، نظریهٔ جدیدی زاده می‌شود که فرضیهٔ قدیمی کانت ـ لاپلاس وابسته به کیهانزایی[1] را رد می‌کند؛ فرضیه‌ای که می‌گوید روزگاری زمین تودهٔ مذابی بوده که به‌مرور زمان سرد شده است.

بهتر است بیشتر ازاین دربارهٔ پلکان پرپیچ‌وخم زایش کیهان بحث نکنیم، و به‌فرضیهٔ معاصر مربوط به‌گرمای درونی زمین اکتفا کنیم؛ فرض ما این باشد که زمین در ابتدا جسم سردی بوده که با گذشت زمان براثر تباهی عناصر رادیواکتیو گرم شده‌است. هنگامی که اورانیوم به‌سرب و هلیوم تجزیه می‌شود، یا پتاسیم به کلسیم و آرگون تبدیل می‌گردد، مقادیر عظیمی گرما آزاد می‌شود.

گمان می‌رود که مقدار گرمای آزاد شده از تباهی عناصر رادیواکتیو، برای ایجاد کردن فرایندهای زمین‌شناختی مانند تشکیل خمیر مذاب مادهٔ معدنی یا آلی، فوران آتشفشانها، جابجا کردن قاره‌ها و ساختن کوهها ـ گذشته از آب گرم زیر زمینی، آبفشانها و چشمه‌های حرارتی ـ کافی باشد. گرمای تولید شده در درون زمین به سطح آن منتقل می‌شود و مقداری از آن در فضا پراکنده می‌گردد. طبق برآوردی که شده این انرژی حرارتی برابر

1. cosmogony.

با ۲۵ هزار میلیون کیلووات برق، یعنی معادل با ظرفیت ده هزار نیروگاه بزرگ است.

انسان در طی فعالیتهای روزمره‌اش، به‌ویژه وقتی که چاه می‌کند یا حفاری می‌کند، به‌پدیدهٔ گرمای درونی زمین برمی‌خورد. در برابر هر ۳۳ متری که از سطح زمین پائین می‌رویم، یك درجهٔ سانتیگراد بردمای آن افزوده‌می‌شود. به‌این، پلهٔ زمین گرمایی می‌گویند. درعمق ۳۰۰۰متری، دما ۱۰۰درجهٔ سانتیگراد است. در عمق ۱۵ کیلومتری، دما حدود ۵۰۰درجهٔ سانتیگراد است. احتمال می‌رودکه در اعماق بیشتر، دما به‌قدری زیاد باشدکه هرجسمی‌را ذوب‌می‌کند، اگرچه درحالت لزج[1] باقی‌می‌ماند. دما وفشارهردو با زیاد شدن عمق افزایش می‌یابند.

آکادمیسین ولادیمیر ابروچف[2]، گرمای درونی زمین را سرچشمهٔ ثروتی‌هنگفت‌می‌پنداشت. ودرآثارعلمی‌وافسانهٔ معروفش بارها به‌این مسأله اشاره‌کرده بود. وی خیال‌داشت داستانی به نام «وقتی‌که خورشید می‌میرد»[3] بنویسد. و برعلیه نویسندهٔ کتاب «ماشین زمان»[4] هربرت ولز[5] جدال برانگیزد، چرا که ولز در این اثر پایانی رقت‌انگیز برای بشریت وتمامی گیتی پیش‌بینی‌کرده وبه‌توصیف از مرگ زمین، خاموش شدن خورشید، منجمد شدن دریاها ونیست شدن‌زندگی‌پرداخته‌است. مقصود ابروچف این‌بودکه با این‌تصویر

1. viscous 2. Vladimir Obruchev 3. *When the Sun Will Become Extinet* 4. *The Time Machine*
5. Herbert Wells

دلتنگ کننده مخالفت کند. زندگی به‌راه خود خواهد رفت، حتی اگرخورشید خاموش شود. آنگاه بشریت پناهگاهی درشکم زمین خواهد یافت که گرما، نور و غذا فراهم می‌آورد. اما ابروچف نتوانست داستانش را به‌پایان آورد. درسرگذشتی دیگر، که بازهم ناتمام ماند، او از شهری صحبت می‌کند که وسیلهٔ شهروندهای شوروی در جایی نزدیک به‌قطب سرما ساخته شده است. این شهر ازنظرخصوصیتهای ویژه‌ای که دارد سیرن[1] نامگذاری شده، وبرق وگرما وهمه‌نوع راحتی درآن به‌چشم‌می‌خورد. اما درشهرسیرن، دودکشی وجود ندارد زیرا زندگی دراین شهر فقط برپایه واساس گرمای درونی زمین استوار است.

آکادمیسین انکساندر فرسمن، در مورد این مسأله تقریباً با ابروچف‌هم عقیده بود. او پیش‌بینی کرده بود که انسان با مته لوله‌گذاری، به‌اعماق ۲۵ـ۲۰ کیلومتری زمین خواهدرسید، ودراینجا دمابین ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجهٔ سانتیگراداست. این لوله‌ها، گرمای درونی زمین را به‌مناطق انسان‌نشین وکارخانه‌های تولیدی انتقال‌می‌دهند. و با گرمایش پهنه‌های گستردهٔ قاره‌ها، وضع اقلیمی دگرگون خواهد شد. جتها[2]ی بخار به سوی کلوخه‌های فلزات گوگرد دار هدایت می‌شود و ترکیبهای گوگردی نقره، سرب و روی به سطح زمین جاری خواهند شد.

ابروچف، درپاسخ به‌این پرسش که‌آیندهٔ سیارهٔ مارا چگونه

1. Serene 2. jets

تصور کرده، پیش از جنگ گفته بود، «از گرمای پایان ناپذیر درونی زمین، استفاده‌های عملی خواهد شد؛ وشهرها، کارخانه‌های تولیدی و گرمخانه‌ها، که همه با این انرژی گرم می‌شوند، در قطب شمال ساخته خواهند شد.»

کشف اسرار نیروی درونی زمین، یعنی «رآکتور اتمی» زمین، کیهانی و رام کردن آن، از دورنماهای مجذوب کننده است. حفاری بسیار عمیق، اولین گام است. هدف از این کار، رسیدن به اعماقی است که پوستهٔ زمین حدی به غلاف آن دارد. امکان اینکه در حد فاصل بین پوسته و غلاف شیب[1] حرارتی وجود داشته باشد زیاد است، و این به‌نوعی ماشین حرارتی می‌ماند که مسبب تمام حرکات پوسته‌ای زمین است. انرژی عظیم حرارتی در این مرز جمع می‌شود و «بستر فوقانی» سیارهٔ ما را تکان می‌دهد. این تکان، نه تنها زمین لرزه را باعث می‌شود، بلکه فلزات و کانیهای دیگر به ارمغان می‌آورد.

سرحد بین پوسته و غلاف زمین، با روشهای زلزله‌ای کشف شد. در سال ۱۹۰۹، زمینفیزیکدان یوگوسلاو، موهوروویچی[2] هنگام مطالعهٔ کانونهای زلزله‌ای بالکان مشاهده کرد که در عمق دهها کیلومتر، سرعت امواج زلزله‌ای به‌شدت زیاد می‌شود. این مشاهده نشان داد که امواج با ماده‌ای که وضع فیزیکی متفاوتی دارد مواجه شده‌اند. شاید این ماده به حالت جامد باشد. اما از طرفی کاملاً معلوم است که ماده حالت پلاستیکی، لزج یا مایع را دارد، و نه

1. gradient 2. Andrija Mohorovicic (۱۸۵۷-۱۹۳۶)

تنها رو به‌جلو بلکه به‌طور افقی نیز حرکت می‌کند. وچون قاره‌ها مانندکوههای یخ شناور برروی این ماده شناورند، باید همراه با قطبهای زمین در حرکت باشند.

این فقط یك‌فرضیه است، اما بدون‌دلیل ومجوّز نیست. در تأیید این موضوع، می‌توان گفت که بقایای گیاهان وجانورانی که اکنون درمناطق گرمسیری و زیرگرمسیری مسکن گزیده‌اند، اغلب در نواحی قطب شمال کشف شده‌اند. یا مثلاً برآمدگی سرزمین برزیل‌را در نظر بگیرید. شکل آن متناظر با شکل فرورفتگی خلیج گینه درآفریقاست. اینها دلیلی براین مدعاست که قاره‌های آمریکا وآفریقا روزگاری سرزمین واحدی بوده‌اند.

این امکان هست که در گذشته‌ای دور، نه قاره‌ای بوده و نه اقیانوسی، وپوستهٔ زمین مانند یك کاسهٔ بزرگ گلین، یاچیزی‌شبیه به‌لاك محافظ، کرهٔ زمین را در برگرفته بوده‌است. سپس، ماشین حرارتی زمین این «کاسه» را ترکانیده وقاره‌ها واقیانوسهای‌جهان را خلق‌کرده است. دلیل دیگری‌که به‌پشتیبانی از این فرضیه وجود داردایناست که قاره‌ها برروی‌یك گوشتهٔ‌سخت گرانیتی، که بستری از بازالت[1] آن را تقویت می‌کند، تکیه دارنـد. اما غیر از بستر بازالتی، هیچ نوع لایه‌گرانیتی در زیر اقیانوسها یافت نمی‌شود.

آیا درست است که قاره‌ها ازشرق به‌غرب رانده می‌شوند؟ آیا حقیقت دارد که آمریکا حدود ۴۸۰۰ کیلـومتر از قارهٔ اصلیش

۱. basalt. ازسنگهای آتشفشانی‌که دارای مقدار زیادی فلد سپات است.ـم.

دورشده‌است؟ زمانی این فرضیه توده‌پسند بود، اما امروز اکثریت کارشناسان می‌دانندکه مادهٔ زمین به‌طور عمودی حرکت می‌کند. درهرحال، فرضیهٔ حرکت افقی مادهٔ درونی زمین پیروان معدودی دارد. آنان که برای حرکات افقی قاره‌ها، اهمیت زیادی قائلند معتقدند که قاره‌ها برروی لایه‌ای از خمیر پلاستیکی مواد آلی یا معدنی به‌کندی حرکت می‌کنند وچینه‌های رسوبی را می‌فشارند.

بار دیگر باید براین نکته تکیه‌کرد که این‌عقیده‌ها فرضیه‌ای بیش نیستند. ما انتظار داریم کـه حفاریهای خیلی عمیق، ترکیب دقیق پوستهٔ زمین را فاش کنند تا بتوانیم فراروندهایی‌که دردرون پوسته و در منطقهٔ زیر پوسته‌ای رخ می‌دهند و کانیها را به وجود می‌آورند، مطالعه‌کنیم. وامکان داردکه با پدیده‌های طبیعی کاملاً تازه‌ای روبرو شویم وبه‌کشف اجزاء جدید مادهٔ زمین دست‌یابیم.

امامن‌با این‌عقیده مخالفم‌که حفاری عمیق ثروتهای‌شگفت‌آوری به بار می‌آورد. آنچه در اینجا اهمیت دارد این است که حفاری عمیق یك روش علمی است که در جهت منافع شناخت و دانش بشریت راهی را دنبال می‌کند.

برای مطالعهٔ ساختار پوستهٔ زمین و چینه‌های زیر پوسته‌ای آن، به‌حفاریهای خیلی‌عمیق زیادی احتیاج است. همچنین، برای دست یافتن به‌دانشی‌بسنده ازفراروندهای درونی زمین ورام‌کردن آنها، به نیروی مبتکرانهٔ علمی و پیشرفتهای گستردهٔ مهندسی نیاز خواهد بود. این کار همانند کاوشهای فضایی، مستلزم شجاعت و بردباری زیادی است.

اکنون چند کلمه‌ای دربارهٔ حفاری خیلی عمیق صحبت می‌کنیم. لازم به‌یادآوری است که دانشمندان شروع به‌حفاری دراقیانوس آرام، غرب گوادلوپ[1]، کردند اما هنوز بیش از ۲۷۳ متر از کف اقیانوس پائینتر نرفته بودندکه کار متوقف شد. این هیأت علمی با مشکلات فنی غیرمنتظره‌ای روبرو شدکه مانع پیشروی کار گردید.

زمین‌شناسان شوروی به جای حفر کردن کف اقیانوس، به حفاری عمیق درروی خشکی پرداخته‌اند. این کار ممکن است به‌نظر عجیب بیاید، زیرا فاصله کف اقیانوس تا غلاف زمین نزدیکتر از ـ حدود ۵ ـ ۴ کیلومتر ـ سطح زمین تا غلاف است. اماساختمان پوستهٔ زمین در زیر بستر اقیانوس با ساختمان پوسته در زیر قاره‌ها تفاوت زیادی دارد. زیرا کف اقیانوس فاقد لایه گرانیتی بوده و ضخامت بستر بازالتی آن قابل اغماض است.

دانشمندان شوروی خیال دارنـد بـرای مطالعه و کشف خصوصیتهای ساختمانی پوستهٔ زمین، مقطعی از آن را در نقاط مختلف غور و بررسی کنند.

قراراست پروژهٔ حفاری در پنج نقطه آغاز شود، که عمق هر یك ازاین حفاریها بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر خواهد بود. یکی از این پروژه‌ها در دریاچهٔ خزر اجرا خواهد شد. وازنظراینکه این منطقهٔ قدیمی دارای ذخایر نفت و گاز می‌باشد، اطلاعاتی که از مقطع پوشش رسوبی درعمق ۱۵ کیلومتربه دست‌می‌آیدجالب توجه‌خواهد

1. Guadeloupe

بود. آیا این کاوشها، فرضیهٔ دمیتری‌مندلیف[1]، را که می‌گوید نفت و گازهای طبیعی ازدرون زمین جاری می‌شوند وریشهٔ آلی ندارند، تأیید می‌کند؟ این یک رازدیرینه است که علم مدت زمان درازی در پی پاسخ آن بوده است. به‌احتمال‌زیاد، عقیده‌های مربوط به اینکه نفت، زغال سنگ و گازهای طبیعی منشاء آلی دارند، در آینده به اثبات خواهند رسید. البته، اکتشافهای جدید ذخایر نفت و گازرا نباید از نظر بدور داشت. کسی چه می‌داند، شاید این اکتشافها، منطقهٔ خزر را به وضع پر قدرت اولیه‌اش در جهت تولید سوخت مایع و گازی بازگرداند. اما یک چیز رانباید فراموش کنیم و آن اینکه نفت و گازدرآینده برای‌ما سوخت به حساب نمی‌آیند، بلکه ازآنها منحصراً برای تولید فراورده‌های مصنوعی استفاده خواهد شد.

دریاچهٔ کورا در آذربایجان شوروی، دومین محلی‌است که برای‌حفاری درنظر گرفته‌شده‌است. انتظارمی‌رود که دراین‌مکان، در عمق تقریباً ۸ کیلومتری، دانشمندان به لایهٔ بازالتی برخورد کنند و از چگونگی حرکت مادهٔ معدنی شناختی به دست آورند. شاید آنان به نقش لایه بازالت در تشکیل ذخایر معدنی پی ببرند. مطالعهٔ محلولهای آب گرم دردریاچهٔ کورا، می‌تواند ارزش‌علمی زیادی‌دربرداشته‌باشد. درپیش‌دیدیم که این‌محلولها، ازنظرشیمیایی فعال هستند و به تشکیل ذخایر معدنی کمک می‌کنند. شایدانسان‌در

1. Dmitry Mendeleyev (۱۸۳۴ - ۱۹۰۷)

آینده سازوکار این عمل را معلوم کند. به احتمال زیاد، پژوهشگران ذخایر تازه‌ای از نفت و گاز در دریاچه کورا کشف خواهند کرد.

در مورد برنامهٔ عملیات حفاری درمنطقهٔ اورال، امیدهای بزرگی وجود دارد. اورال، به‌جهت داشتن ذخایر معدنی غنی از قبیل مس، آهن، تیتانیوم، کروم، آلومینیوم وغیره، درجهان معروف است. اما هنوز معلوم نشده که چگونه این فلزات به‌وجود آمده‌اند؛ ما باید مذابهای گرمایی را حین اینکه لابلای شکافهای پوستهٔ زمین جاری اند و کانیها را پدید می‌آورند به دقت مطالعه کنیم. اورال، منطقه‌ای است که از نظر زمین‌شناسی ساختمانی اهمیت فراوانی دارد، وانتظار می‌رود که عملیات حفاری بسیار عمیق، فرارونده‌ای ناشناخته‌ای را که دردرون پوستهٔ زمین رخ می‌دهند برما روشن سازند.

شاید اهالی لنینگراد و ساکنان منطقهٔ کارلیا نمی‌دانند که بر روی کهن‌ترین سنگهای زمین راه می‌روند. پوشش گرانیتی رودخانهٔ نوا، ۱۵۰۰ میلیون سال عمر دارد. سنگهای گرانیتی منطقهٔ قفقاز خیلی جوانترند؛ عمر آنها به‌ده میلیون سال می‌رسد.

چهارمین چاه در کارلیا حفر خواهد شد. حفرکنندگان به ساختمانهای زمین شناختی بسیار دیرینه‌ای برخورد خواهند کرد که عمر آنها از ۲۰۰۰ میلیون سال تجاوز می‌کند. احتمالاً، تاریخ سیارهٔ ما، همان‌طوری که دانشمندان گفته‌اند به‌طریقی که درخت. شناسان حلقه‌های درخت را می‌آزمایند و به‌گذشته پی‌می‌برند، در

اعماق بکر زمینهای کالوالا[1] مطالعه خواهد شد. امید می‌رود که اعماق خاك کارلیا به گشودن راز سنگهای پیش از باستان، تشکیل گرانیت‌ها، بازالتها و حتی مبدأ قاره‌ها و اقیانوسها بسیار مؤثرو یاری دهنده باشد.

محل پنجمین چاه، درجزیرهٔ کوناشیر[2]. واقع درمجمع‌الجزایر کوریل است. این جزیره، که منشأ آتشفشانی دارد، جزیره‌ای بسیار جوان است. پیش‌بینی می‌شود که کارشناسان حفاری به لایهٔ موهورو ویچی، یعنی سرحد بین پوستهٔ زمین و غلاف آن دست پیدا کنند. عملیات حفاری در کوریل، همچنین می‌توانند خیلی از معماهای دیگر، مانند آرایش هلالی شکل مجمع‌الجزایر، تغییرحالت پوستهٔ زمین ازقاره‌ای به‌دریایی، وبالاخره، طرز پراکنده‌شدن فراورده‌های آتشفشانی در پوستهٔ زمین و جای گرفتن درخلل و فرجهای آن را حل کنند.

این بود مختصری از بررسی مقدماتی اعماق زمین. البته، فقط اعماق کم بررسی می‌شوند. مرکز زمین درعمق ۶۴۷۰ کیلومتری واقع است. اما نخستین تحقیق وکاوش، ترکیب پوستهٔ زمین و چینه‌های زیرپوسته‌ای آن را معلوم خواهد کرد، و به ما این امکان را خواهد داد تا هرچه دقیقتر قانونهایی راکه برمنشأ ومحل کانیها حکم می‌کنند بشناسیم. شاید این مفتاحی برای گشودن اسرارفیزیك انرژی باشد.

1. Kalevala 2. Kunashir

درمورد بررسیهای انجام شده بر روی هستهٔ زمین، قشرهای بالایی و پائینی آن که تا عمق ۳۰۰۰ کیلومتری امتداد دارند، چه می‌توان گفت؟ آیا انسان به‌این اعماق خواهد رسید؟

البته. اما نه باحفاری. بلکه نوعی‌خودرو شبیه موشك‌فضایی به‌سوی مرکززمین‌فرستاده‌خواهدشد. فکر چنین خودرویی، اکنون در دست مطالعه است. امکان‌فرستادن موشك‌انمی به‌درون زمین، اخیراً توسط آکادمیسین شوروی دمیتری نالیوکین[1] پیشنهاد شد. همان‌طورکه او پیش‌بینی کرده، این موشك زیر زمینی را می‌توان در امتداد مسیری‌قوسی شکل هدایت‌کرد، به‌طوری‌که درباز گشت به‌سطح زمین نمونه‌ای از سنگها را با خود به‌همراه می‌آورد.

سفر به مرکز زمین، بزودی چهرهٔ واقعیت به خود خواهد گرفت!

پایان

1. Dmitry Nalivkin

واژه‌نامهٔ انگلیسی ـ فارسی

A

abyss	بسیار عمیق، بی‌پایان
abyssal	ژرف، گردابی، ناپیمودنی
acceleration	شتاب
accelerator	شتابگر
antibiotic	پادزی
antimatter	ضدماده، پادماده
aqua regia	تیزآب سلطانی
artificial satellite	ماهواره
astronomer	اخترشناس
astronomical	اخترشناختی
astronomy	اخترشناسی
astrophysics	اخترفیزیك
attitude	نگرش
automat	خودکاره
automatic	خودکار
automation	خودکارسازی، اتوماسیون
average	میانگین

B

barren	بی‌ثمر، بی‌حاصل، تهی
base	شالوده
basin	حوضه
biogenosphere =biosphere	زیستکره
biological	زیستشناختی
biology	زیستشناسی
blast furnace	کورهٔ بلند
buisiness	سوداگری
buisinessman	سوداگر

C

calcination	برشتن
celestial body	اختر، جسم آسمانی
change	دگرگونی، تغییر
channel	فرکند
chaos	آشفتگی
characteristic	خصوصیت
charge	بار
climate	اقلیم، آب وهوا
coherent	همدوس
collision	برخورد، تصادم
communication	ارتباط
complex	هم تافت، مجموعه
computer	حسابگر
concavity	فرورفتگی، گودی، کاو
concept	فکر، عقیده، تصور کلی، مفهوم
consequence	پی‌آمد
conservation	حفاظت
content	گنجانده
convergent	همگرا

convexity	برآمدگی، کوژ
cooperation	همیاری
correlation	همبستگی
corrosion	خوردگی
cosmic	کیهانی
cosmic rays	پرتوهای کیهانی
cosmogony	کیهانزایی
cosmology	کیهان‌شناسی
cosmos	کیهان
crevice	درز، شکاف
criteria	معیار

D

deta	داده
decay	تباهی
deep	ژرفنا، ژرف، گود
deficiency	ناکارایی
deficient	ناکارا
dense	چگال
density	چگالی
depletion	تهی‌سازی
depth	ژرفا، گودی
diffract (to)	پراشیدن
diffracted	پراشیده
diffraction	پراش
disintegration	از هم‌پاشیدگی
displacement	جابجایی
dissociation	گسستگی
dominant	چیر
dominant wind	چیره باد
drain (to)	زهکشی کردن
drainage	زهکشی
dyke = dike	خاکریز، سد خاکی

E

edite (to)	ویراستن
editing	ویرایش
edition	ویراست
editor	ویراستار
educate (to)	فرهیختن
educated	فرهیخته
education	فرهیختاری، آموزش وپرورش
educator	فرهیختار
efficiency	کارآیی
efficient	کارا
element	عنصر
elementary particle	ذرهٔ بنیادی
environment	محیط‌زیست
equator	استوا
era	دوران
erosion	فرسایش
evacuation	تهی‌سازی، برون‌بری
event	رویداد
evolution	تکامل
evolutionism	تکامل‌گرایی
evolutionist	تکامل‌گرای
excite (to)	برانگیختن
excitation	برانگیزش
experience	تجربه
experiment	آزمایش
experimenter	آزمایشگر

F

fauna	جانداران
fertilizer	کود
field	میدان
fission	شکافت، انشقاق
fissionable	شکافت‌پذیر

flash	درخش
force	نیرو
fossile	فسیل
frequency	فرکانس، بسامد
fuel	سوخت
fusion	همجوشی، ادغام، ترکیب‌هسته‌ای

G

galaxy	کهکشان
genesis	پیدایش، تکوین
geological	زمین‌شناختی
geophisics	زمینفیزیك
geophisicst	زمینفیزیکدان
geothermal	زمین‌گرمایی
geyser	آبفشان
gradient	شیب
granite	سنگ‌خارا، گرانیت
gravitate (to)	گرانیدن
gravitation	گرانش
gravitational	گرانشی
garvity	گرانی
gully	آبکند

H

heat	گرما
heating	گرمایش
high tension	ولتاژ قوی
household	خانوار
humus	گیاخاك، لاشخاك
hypothesis	فرضیه

I

iceberg	تودهٔ یخ‌سلتان، کوه‌یخ شناور، یخچال طبیعی
ice cap	کلاهك یخی
igneous rocks	سنگهای آذرین
immesurable	بی‌اندازه، بیکران، بی‌قیاس
increasing	فزاینده
index	نمایه
inertia	لختی، اینرسی
infrared	فروسرخ
innovation	نوآوری
institution	نهاد
instruction	آموزش
integration	یکپارچگی
intellectual	اندیشمند، روشنفکر
interaction	نفوذ متقابل، عمل‌متقابل، کنش‌متقابل
intensity	شدت
isotope	ایزوتوپ

L

labyrinth	لابیرنت، پلکان مارپیچ، پیچیدگی، پرپیچ وخم
lava	گدازهٔ آتشفشان
layer	لایه، قشر
level	تراز
light year	سال نوری
livestock	دام
luminosity	تابندگی

M

magma	خمیرمواد معدنی‌یاآلی چینهٔ آبگونه‌دار زمین
magma stratum	
magnetic field	میدان مغناطیسی

psycological	روانشناختی
psycology	روانشناسی
pulsate (to)	تپیدن
pulsating	تپنده
Pulsation	تپش
pulse	تپه

R

radiate (to)	تابیدن، تاباندن
radiation	تابش
ray	پرتو
reaction	واکنش
recognition	بازشناسی
reconstruction	بازسازی
reef	جزیره مرجانی، آبسنگ
reform	اصلاح
relation	رابطه
relationship	ارتباط
reletivity	نسبیت
relic	اثر، باقیمانده
relics	آثار، بقایا
resonance	همنوایی
response	پاسخ
rocket	موشك
rotate (to)	چرخیدن
rotation	چرخش

S

sedimentary rocks	سنگهای رسوبی
shale	سنگ رستی
solar system	منظومهٔ شمسی
space	فضا
spacecraft = spaceship	ناویز، فضاپیما، سفینهٔ فضایی
space flight	پرواز فضایی
stone	قاره، خشکی، بر، قطعهٔ اصلی
mainland	
mantle	پوشش، گوشته
mass media	رسانه‌های همگانی
mechanical production	تولید ماشینی
mechanism	سازوکار، مکانیسم
metamorphic rocks	سنگهای دگرگون شده
meteor	شهاب
meteorite	شهابسنگ
metallurgy	فن استخراج وذوب فلزات
mineral	کانی
mining	کان‌کنی، معدن‌کاری
motive	انگیزه، محرك
mutation	جهش، دگرگونی، تحول

P

paradox	ضد ونقیض
pattern	الگو
perpetual motion	حرکت خود بخود، حرکت دائم
phenomenon	پدیده
photon	فوتون
pig iron	آهن خام، چدن
planet	سیاره
pollutant	آلوده‌ساز
pollution	آلودگی
primates	نخستیها
primitive	ابتدایی
probe	جستجو، کاوش، اکتشاف جدید
prober	کاوشگر، کاشف
process	فرارونده
product	فراورده
progress	ترقی

spaceman فضانورد
space probe گردونهٔخبریاب‌فضایی
star ستاره
structure ساختار
subsidence نشست، فرونشینی، فروکشی
surplus اضافی، مازاد

T

temperature دما
tempo میزان سرعت، ضرب
terra firma خشکی، خاك
top soil خاك‌رو، روخاك، خاك‌سطحی
trade-wind بادبسامان
trait صفت، ویژگی
trend گرایش
thermonuclear گرما هسته‌ای
turn چرخ، گردش، تمایل

U

ultraviolet فرابنفش
universe گیتی

W

waste پس‌مانده، آخال
waveguide موج‌بر
world جهان

تهران مقابل دانشگاه شماره ۱۳۴۲